

225

Norsk landbruksforskning

Norwegian Agricultural Research

Supplement No. 2 1987

Rolf Berntsen

5 JAN. 1988

Tillaging av såbed
for korn med
trekkredskaper

*Preparation of
seedbed for cereals
with draught implements*



Norsk institutt for skogforskning

Bibliotek

7432 ÅS-NLH

Statens fagtjeneste for landbruket, Ås, Norge
Norwegian Agricultural Advisory Centre, Ås, Norway

NORSK LANDBRUKSFORSKING/NORWEGIAN AGRICULTURAL RESEARCH

Norsk landbruksforskning er en fortsettelse av *Meldinger fra Norges landbrukshøgskole* og *Forskning og forsøk i landbruket* og dekker et publiseringsbehov for norske forskningsresultater innenfor fagområdene:

Akvakultur/*Aquaculture*

Husdyrbruk/*Animal Science*

Jordfag/*Soil Science*

Landbruksteknikk/*Agricultural Engineering and Technology*

Naturgrunnlag og miljø/*Natural Resources and Environment*

Næringsmiddelteknologi og -hygiene/*Food Technology*

Plantedyrking jord- og hagebruk/*Crop Science*

Skogbruk/*Forestry*

Økonomi og samfunnsplanlegging/*Economics and Society Planning*

Tidsskriftet har abstrakt, figur- og tabelltekster, overskrift samt nøkkelord på engelsk.

Articles published in the journal will always contain titles, abstracts, key words and figures and tables legends in English.

Ansvarlig redaktør/*Managing Editor*, Jan A. Breian

Fagredaksjoner/*Subject Editors*

Akvakultur

Åshild Krogdahl, NLVF – Institutt for akvakulturforskning

Ragnar Salte, NLVF – Institutt for akvakulturforskning

Odd Vangen, Institutt for husdyravl

Husdyrbruk

Arne Hogstad, Statens fagtjeneste for landbruket

Toralv Matre, Institutt for husdyremæring

Anders Skrede, Institutt for fjørfe og pelsdyr

Jordfag

Ole Øivind Hvatum, Institutt for jordbunns lære

Ådne Håland, Statens forskningsstasjon Særheim

Edvard Valberg, Statens fagtjeneste for landbruket

Landbruksteknikk

Sigmund Christensen, Institutt for maskinlære

Einar Myhr, Institutt for hydroteknikk

Karl Alf Løken, Institutt for bygningsteknikk

Geir Tutturen, Landbruksteknisk institutt

Naturgrunnlag og miljø

Arnstein Bruaset, Statens fagtjeneste for landbruket

Sigmund Huse, Institutt for naturforvaltning

Hans Staaland, Institutt for zoologi

Næringsmiddelteknologi og -hygiene

Grete Skrede, Norsk institutt for næringsmiddelforskning

Kjell Steinholt, Institutt for meieri- og næringsmiddelfag

Arne H. Strand, Institutt for meieri- og næringsmiddelfag

Plantedyrking jord- og hagebruk

Even Bratberg, Statens fagtjeneste for landbruket

Arne Oddvar Skjelvåg, Styringsutvalget for

landbruksmeteorologisk forskning

Sigbjørn Vestheim, Institutt for fruktdyrking

Kåre Årsvoll, Statens fagtjeneste for landbruket

Skogbruk

Birger Halvorsen, Norsk institutt for skogforskning

Martin Sandvik, Norsk institutt for skogforskning

Asbjørn Svendsrud, Institutt for skogøkonomi

Økonomi og samfunnsplanlegging

Anders Lein, Statens fagtjeneste for landbruket

Kjell Bjarte Ringøy, Norsk institutt for

landbruksøkonomisk forskning

Hans Sevatald, Institutt for jordskifte og arealplanlegging

UTGIVER/PUBLISHER

Statens fagtjeneste for landbruket/*Norwegian Agricultural Advisory Centre*, Moerveien 12, 1430 Ås, Norway. Norsk landbruksforskning/*Norwegian Agricultural Research* (ISSN 0801-5333) blir utgitt med fire hefter pr. år som utgjør et volum. Hvert hefte vil være på ca. 100 sider. Abonnementsprisen er NOK 300,- pr. år. Eventuelle supplementer vil bli sendt gratis til abonnenter, men kan bestilles separat hos utgiveren. Det gis muligheter for abonnement på enkeltartikler/supplementer innenfor ett eller flere av de nevnte fagområder. Abonnementsprisen er NOK 100,- for 5 artikler/supplementer fra ønskede fagområder. Artiklene vil bli sendt som særtrykk.

KORRESPONDANSE/CORRESPONDENCE

All korrespondanse av redaksjonell eller forretningsmessig karakter skal sendes til Statens fagtjeneste for landbruket/*Norwegian Agricultural Advisory Centre*.

Tegningen på omslaget er fra «*Guttene på broen*» av Kjell Aukrust.

ISSN 0801-5333

TILLAGING AV SÅBED FOR KORN MED TREKKREDSKAPER

PREPARATION OF SEEDBED FOR CEREALS WITH DRAUGHT IMPLEMENTS

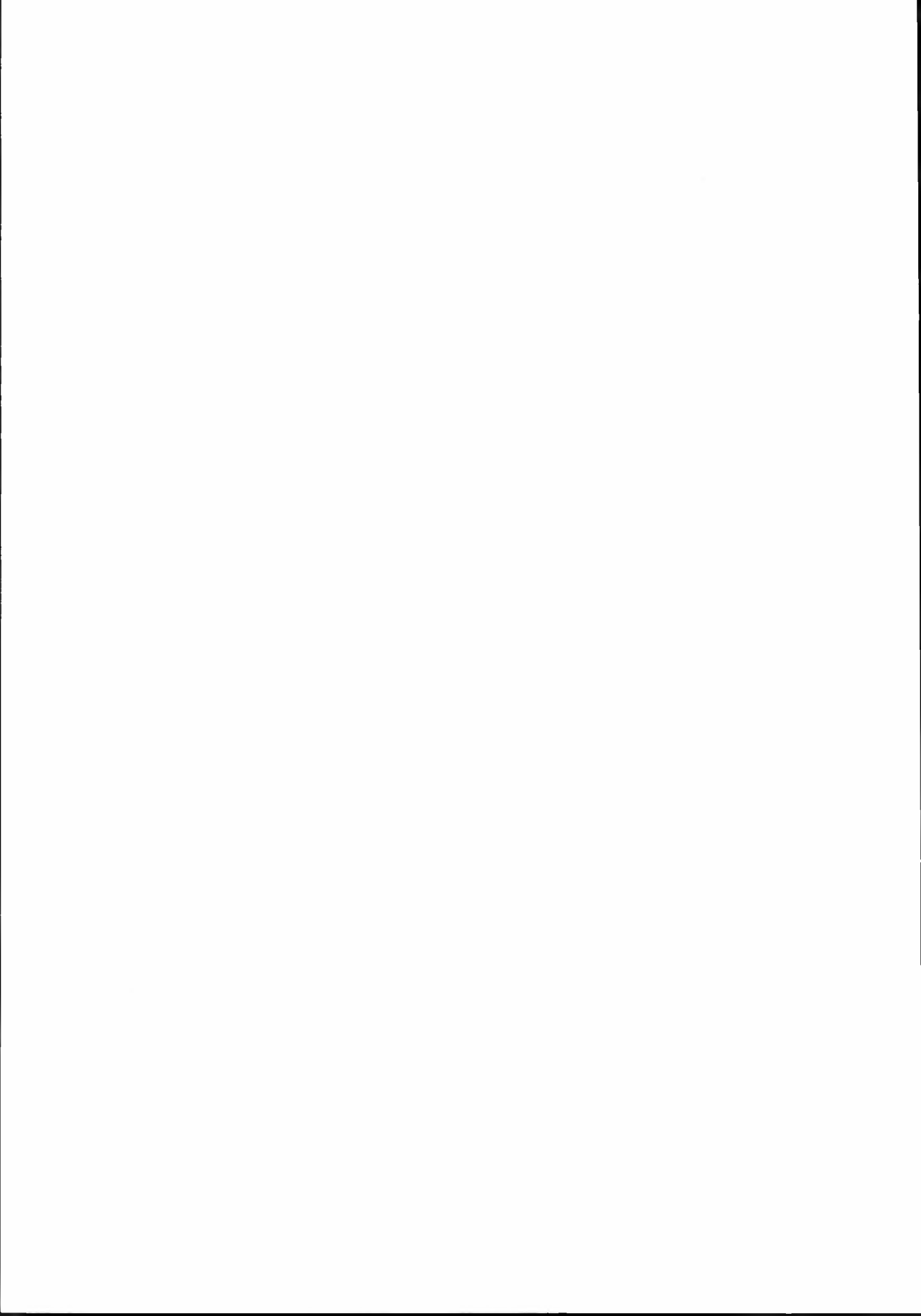
Av

Rolf Berntsen

Norsk institutt for skogforskning

Biblioteket

P.B. 61 - 1432 ÅS-NLH



INNHOLD	Side
FORORD	5
SAMMENDRAG	7
SUMMARY	10
JORDA OG BEARBEIDINGSMULIGHETENE	12
SÅBED OG SPIRING - TIDLIGERE UNDERSØKELSER	15
PROBLEMSTILLING OG FORMÅL	17
UTFØRTE MÅLINGER I FORSØKENE	17
OPPLEGG AV UNDERSØKELSENE	20
SLODDE- OG HARVEBASERTE REDSKAPER	22
Feltforholdene	24
Resultater	25
Findelingen	25
Bearbeidingsdybden og jamnheten på bearbeidingsbunnen	28
Diskusjon	30
SLODDER OG SLODDEVERKTØY	32
Tidligere undersøkelser	32
Forsøksopplegg	32
Feltforholdene	36
Resultater	37
Findelingen	37
Bearbeidingsdybde og jamnhet på bearbeidingsbunn og overflate	40
Praktiske observasjoner	45
Diskusjon	45
HARVER OG HARVEVERKTØY	48
Tidligere undersøkelser	48
Forsøksopplegg	50
Feltforholdene	55
Resultater	56
Findelingen	56
Bearbeidingsdybde, jamnheten på bearbeidingsbunnen og overflaten	58

Diskusjon	64
SLODDEHARVER	65
Forsøksopplegg	65
Feltforholdene	66
Resultater	67
Findelingen	67
Bearbeidingsdybden og jamnheten på bearbeidingsbunnen og på overflaten	68
Diskusjon	69
GJENFYLLING AV AURFÅRER	69
Forsøksopplegg og feltforhold	69
Resultater og diskusjon	70
BEARBEIDING AV STEINRIK JORD	72
Forsøksopplegg og feltforhold	72
Resultater og diskusjon	72
TREKKRAFTBEHOV	73
Tidligere undersøkelser	73
Forsøksopplegg og feltforhold	73
Resultater og diskusjon	74
KOMBISÅMASKINER	76
Tidligere undersøkelser	76
Forsøksopplegg og feltforhold	76
Resultater	77
TROMLING	79
Tidligere undersøkelser	79
Forsøksopplegg og feltforhold	79
Resultater og diskusjon	80
Findelingen	80
OPPSPIRING	81
SAMLET KONKLUSJON	82
LITTERATUR	84

FORORD

Denne avhandlingen presenterer resultatene fra en rekke undersøkelser utført ved Landbruksteknisk institutt i perioden 1978-84. Undersøkelsene er støttet av Norges landbruksvitenskapelige forskningsråd. Formålet med undersøkelsene var å finne fram til redskaper som tillager såbedet til korn så riktig som mulig og med så få kjøringar som mulig. Forskerne Rolf Berntsen og Reidar Holmøy har sammen med professor Alf Nordby stått for ledelsen og planleggingen av undersøkelsene. I planleggingen har dessuten Institutt for jordkultur, NLH, deltatt. Undersøkelsen var delt i to serier. En serie omfattet markedsførte redskaper og ble ledet av forsker Reidar Holmøy. Den andre serien omfattet bearbeidingsverktøy og eksperimentredskaper og ble ledet av forsker Rolf Berntsen. Holmøy og Berntsen bearbeidet også resultatene fra sine respektive undersøkelser.

Undersøkelsene har vært meget arbeidskrevende, og flere av instituttets personale har vært med på gjennomføringen. Firmaene Kverneland A/S, Eikmaskin A/S, A/S Edv. Bjørnrud, Sisu Produkter A/S, Georg Bækkevold, Felleskjøpet og A-K Maskiner har stilt redskaper til rådighet. Felt er stilt til rådighet av Norges landbrukshøgskole, Tomb jordbruksskole, gardbrukerne Kjus og Meldal-Johnsen i Ås, Mortensen i Ski og Breivik, Lilleby og Lund i Hobøl.

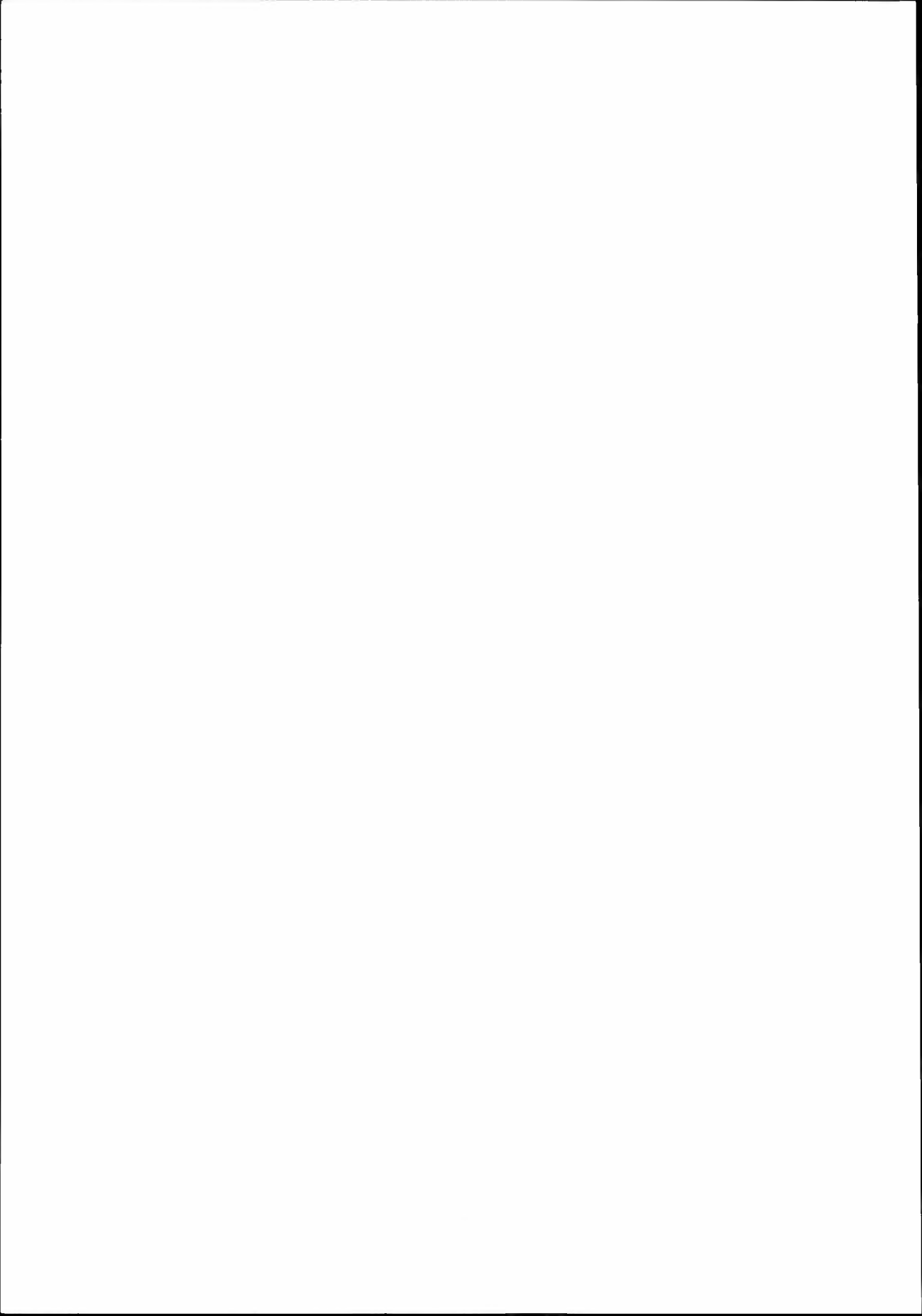
Undersøkelsene har bidratt til to hovedoppgaver ved NLH (GROSÅS, 1979 og BJØRNSTAD, 1979). Foreløpige resultater er tidligere publisert i Aktuelt fra LOT nr. 4 (HOLMØY, 1980 og BERNTSEN, 1980), Sluttrapport nr. 382 fra NLVF (HOLMØY og BERNTSEN, 1981) i Proc. 9th Conf. of ISTRO (Osijek) (BERNTSEN, 1982) i Norsk Landbruk nr. 11 og 12 (BERNTSEN, 1984) og i NJF-utredning/rapport nr. 18 (HOLMØY, 1985 og BERNTSEN, 1985).

Denne avhandlingen er utarbeidet av Rolf Berntsen. Takk til professor Alf Nordby, forsker Reidar Holmøy, avdelingsleder Oluf Berntsen og konsulent Ole Fladstad som har gjennomgått avhandlingen og kommet med verdifulle kommentarer. En takk rettes også til de mange enkeltpersoner, gardbrukere og firma som har bidratt til gjennomføringen av undersøkelsene.

LANDBRUKSTEKNISK INSTITUTT

februar 1986

Kristian Aas



SAMMENDRAG

Undersøkelsene omhandler den jordbearbeiding som slodder, harver og sloddeharver utfører. I tillegg ble den bearbeidingen som kombisåmaskinen og tromlingen gjør undersøkt. Dessuten ble redskapenes trekraftbehov målt. Bearbeidingsresultatet er uttrykt ved jordas findeling, bearbeidingsdybden og jamnheten på bearbeidingsbunnen og overflaten. Findelingen er oppgitt ved aggregatfraksjonene $< 5,6$ mm og $0,5-5,6$ mm. Aggregatfraksjonen $0,5-5,6$ mm er mest gunstig for spiringen. Bearbeidingsdybden er oppgitt i mm og jamnheten på bearbeidingsbunnen og overflaten er oppgitt ved standardavviket i mm. Tidligere undersøkelser har vist at de beste spirebetingelsene oppnås ved $40-50$ mm bearbeidingsdybde og ved en findeling som innebærer at ca. 50 % av aggregatene er i området $0,5-5,6$ mm. Frøene bør såes på bearbeidingsbunnen eller så nær bearbeidingsbunnen som mulig. Jamn bunn er derfor sannsynligvis fordelaktig. Jamn bunn og konstant bearbeidingsdybde tilsier også jamn overflate.

Redskapene ble gruppert på ulike måter. Den største og sikreste forskjellen i bearbeidingsresultatet framkom når redskapene ble gruppert på grunnlag av eventuelle tindens dybde i forhold til andre bearbeidingsverktøy. Ved denne inndeling ble redskapene gruppert som harvebaserte når tindene gikk dypest og som sloddebaserte når sloddeverktøyet gikk dypest.

De aller fleste feltene hadde mer enn 15 % leire og mindre enn 45 % sand. Ikke for noen av bearbeidingsresultatene kunne det påvises noe samspill mellom de ulike redskapstyper eller redskapsinndelinger og de ulike feltene. Det betyr at forskjellene mellom de ulike redskapene var noenlunde den samme på de angitte jordforhold. Sloddebaserte redskaper gav sterkest findeling, holdt jamnere bearbeidingsdybde i området $40-50$ mm og laget jamnere bunn og overflate enn harvebaserte redskaper. To bearbeidinger var fordelaktig for alle redskapstypene. Både findelingen og jamnheten på bearbeidingsbunnen ble bedret.

Regresjonslikninger over sammenhengen mellom findelingen og ulike jordparametre viste at tre jordparametre var spesielt viktige. Disse var findelingen før bearbeidingen, jamnheten på pløyeoverflaten og sandinnholdet i jorda. For sloddebaserte redskaper forklarte disse jordparametrene ca. 60 % av variasjonene i findelingen og for harvebaserte nesten 80 %. Sterk findeling ble oppnådd på jord som i sin naturlige tilstand var relativt sterkt findelt, som hadde jamn pløyeoverflate og høgt sandinnhold. Variasjonene i bearbeidingsdybden og jamnheten på bearbeidingsbunnen kunne ikke i nevneverdig grad forklares av de ulike jordparametrene.

Sloddene bearbeider jorda med plankene. Plankeprofiler som førte jorda under planken (understrømningsplanker) gav sterkere findeling og jamnere overflate enn plankeprofiler som førte jorda over planken (overstrømningsplanker). Understrømningsplankene hadde skrapere for å oppnå tilstrekkelig bearbeidingsdybde. Bearbeidingsdybden på $40-50$ mm krevde slodder som veide $200-270$ kg/m arbeidsbredde og skrapere som var 90 mm høge. Tyngre slodder gav ikke nevneverdig større dybde verken på løs eller fast jord. På hard jord gav imidlertid ikke sloddene tilfredsstillende bearbeidingsdybde. Indelingen og jamnheten på bearbeidingsbunnen var avhengig av plasserin-

gen og dimensjonene på skraperne. God findeling og jamnhet ble oppnådd med skrapere som var 150 mm lange, som dannet vinkelen 25° med kjøreretningen og som var fordelt på plankene slik at mellomrommet mellom skraperdragene ble mindre enn 100 mm. Fastkiling av stein mellom skraperne ble unngått når mellomrommet mellom skraperne på samme planke var minst 240 mm. Dette hensynet krever at skraperne må fordeles på to planker.

Når skraperne imøtekom kravene for god findeling og jamnhet, gav ikke to eller tre planker etter hverandre gunstigere bearbeiding enn en planke alene. Uansett antall planker i slodden gav to bearbeidinger sterkere findeling og jammere bearbeidingsbunn enn en bearbeiding. Det er ikke funnet noen forklaring på hvorfor det ikke var noe samspill mellom antall planker og antall bearbeidinger.

Harvene hadde sloddeplanke, tinder og ribbetromler. De gav noe grovere findeling enn sloddene. Dette skyldtes at tindene brøt opp jorda i meste parten av bearbeidingsdybden. Den jorda tindene brøt opp ble ikke findelt, men bare løsnet i sin naturlige findeling. Sloddeplanken som var plassert fremst på redskaper virket bare i overflatesjiktet og gav av den grunn dårlig findeling. Ribbetromlene som kom etter tindene gav selv liten findeling og virket også bare i overflaten. Den endelige findeling var derfor sterkt avhengig av jordas naturlige findeling. All tindebearbeiding fører til at små aggregater siktes mot bunnen, mens store føres opp mot overflaten. Denne sorteringsvirkningen var imidlertid relativt beskjeden.

Tindene kan opparbeide jorda i tilstrekkelig bearbeidingsdybde uansett jordforhold. Konstant dybde var det imidlertid vanskelig å oppnå. Bearbeidingsdybden avhang mye av den vinkelinnstilling og fjærkaraktistikk tindene hadde av jordmotstanden. S-tinder kunne ved varierende jordmotstand opprettholde jammere bearbeidingsdybde enn C-tinder. Jamnheten på bearbeidingsbunnen var også avhengig av tindetyper. S-tinder gav jammere bunn enn C-tinder og stive tinder med gåsefotskjær gav jammere bunn enn fjærende tinder med smale spisser. I disse undersøkelsene tangerte imidlertid dragene etter gåsefotskjærene hverandre, mens mellomrommene mellom dragene etter de smale spissene var opptil 60 mm. Ulike mellomrom mellom de smale spissene innenfor dette området hadde imidlertid ingen betydning for jamnheten på tvers av kjøreretningen. Den bølgete overflaten etter smale tinder ble godt utjamnet av ribbetromler. Ujamnhetene etter de brede gåsefotskjærene ble ikke tilstrekkelig utjamnet av de etterfølgende ribbetromler.

Sloddeharvene var slodde- og harvebaserte. Bearbeidingsresultatene for sloddebaserte og harvebaserte sloddeharver var mindre forskjellige enn for slodd og harv. Sloddebasert sloddeharv var likeverdig med slodd når det gjaldt findeling. Harvebasert sloddeharv gav findeling som tilsvarte resultatet midt mellom slodd og harv. Bearbeidingsdybden for sloddebaserte sloddeharver var som for slodder. For harvebaserte var det et innstillings-spørsmål. Jamnheten på bearbeidingsbunnen ble bedre enn for sloddene og harvene. Sloddebasert sloddeharv gav jammere bunn enn harvebasert sloddeharv med smale tinder. Med 200 mm brede gåsefotskjær uten mellomrom mellom tindedragene gav slodde- og harvebasert sloddeharv samme jamnhet på bearbeidingsbunnen. På hard jord er bearbeidingsdybden hovedproble-

met. Må tunder bryte opp jorda til den nødvendige dybden, vil findelingen bli dårligere enn om sloddeskrapere hadde gjort dette.

Redskapenes evne til å gjenfylle aurfårer ble undersøkt spesielt. God gjenfylling ble oppnådd for redskaper som hadde god evne både til å bryte opp jordoverflaten og til å transportere mye jord. Av denne grunn var det gunstig at fronten på sloddeplankene virket vinkelrett mot jordoverflaten og hadde en høyde på ca. 100 mm.

Trekraftbehovet varierte mye. Det kunne ikke påvises forskjeller mellom de tre redskapstypene (slodd, harv og sloddeharv). De redskapsparametre som hadde størst betydning var tyngden og bredden på redskapet. For sloddebaserte redskaper hadde tyngden og for harvebaserte hadde bredden størst betydning. Økt sandinnhold i jorda bidro til å redusere trekraftbehovet.

Sådybden var først og fremst avhengig av den forspenningskraften som var innstilt på sålabbene. Såddybden økte sterkt med størrelsen på denne kraften. Den opparbeidingen av gjødselurene som gjødsellabbene på kombi-såmaskinene gjorde hadde ikke betydning for jamnheten på bunnen under sålabbene og svært liten virkning på findelingen. Frø som faller ned i gjødsellabbfura vil ikke spire. Imidlertid kom det selv med vinglabber bare ubetydelig med frø ned i denne fura.

Tromling etter såing gav ytterligere litt findeling. Sterkest var findelingsvirkningen på jord med ujamn overflate og grov findeling. I gjennomsnitt økte de oppgitte aggregatfraksjonene med 3-5 %. Økende leirinnhold bidro til å redusere andelen av den minste aggregatfraksjonen (< 0,5 mm).

Oppspiringen økte med fuktigheten og findelingen av såbedet. Oppspiringen avtok med økende sådybde.

SUMMARY

This report deals with an investigation into the tilling effect of different drawn implements and tools for secondary tillage for cereals. In addition, the tilling effect of a combi-drilling machine was evaluated. Finally, the draughts of different implements were measured. The tillage quality is expressed by the soil aggregate size distribution, by the tillage depth and by the roughness of the tillage pan and of the surface. The aggregate size distribution is given as aggregate fractions < 5.6 mm and $0.5-5.6$ mm. The fraction $0.5-5.6$ mm is the most favourable for sprout emergence. The tillage depth is given in mm and the roughness of the tillage pan and surface is given by the standard deviation in mm. A review of literature points out that the best emerging conditions occur when the depth of the tilled layer is 40-50 mm and when the soil aggregate size distribution implies that about 50 % of the aggregates are in the fraction $0.5-5.6$ mm. The seed should be placed on the tillage pan or as near the pan as possible. An even pan, therefore, should be favourable. To attain an even pan and an even depth also requires an even surface.

The implements were drags, harrows and drag-harrows. These implements were grouped in various ways, but the greatest and most significant differences in the tilling results appeared when the grouping was based on the depth of possible tines relative to that of other tools. If the tines tilled deeper than did the other tools, the implement was classified as harrow-based. If the drag-tools tilled the deepest, the implement was classified as drag-based.

Most of the soils contained more than 15 % clay and less than 45 % sand. The results show, however, no interaction between the types of groupings of the implements and the types of soils. This means that the differences found between the implements are fairly independent of the soil conditions in the present range. Drag-based implements produced a finer aggregate size distribution, kept a more even tillage depth in the area 40-50 mm, and formed a more even tillage pan and surface than did the harrow-based implements. Two passes improved the tilth for all types of implements. The aggregate size was reduced and the tillage pan became more even.

Regression equations expressing the aggregate size distribution as a function of the soil parameters pointed out three soil parameters of high significance. These were the aggregate size distribution in the untilled bed soil, the roughness of the ploughed surface, and the sand content of the soil. For drag-based implements these parameters explained 60 % of the variation in aggregate size distribution and for harrow-based ones nearly 80 %. The proportion of fine aggregates in the tilth increased with the proportion of fine aggregates in the untreated soil, the evenness of the ploughed surface and the sand content. The variations in the tillage depth and evenness of the tillage pan could not be explained by the soil parameters measured.

Drags till the soil by means of the beams. Beam-profiles which cause the soil to move under the beam (understreaming beams) produced finer aggregates and a more even surface than did beam-profiles which moved the soil over the beam (overstreaming beams). With understreaming beams, scrapers

underneath the beams ensure the tillage depth. Tillage depths of 40-50 mm required drags weighing 200-270 kg/m working width, and scrapers of 90 mm height. Heavier drags produced negligibly greater depths whether the soil was loose or firm. The fineness of the aggregates and the evenness of the tillage pan were dependent on the positions and dimensions of the scrapers. Scrapers of lengths of up to 150 mm, at an angle of 25° to the direction of travel, and distributed on the beams at distances which provided the spacing between the scraper-tracks to be less than 100 mm produced a fine tilth and an even pan. Stone blockages were avoided when the spacing between the scrapers on the same beam was at least 240 mm. This circumstance requires the scrapers to be distributed on two beams.

When the scrapers were fitted in accordance with the requirements for producing a fine tilth and a even tillage pan, increasing the number of beams behind each other from one to three did not improve the tilling result. Regardless of the number of beams, two passes, however, always produced a finer tilth and a more even pan than did one pass. This difference is not logic. However, nothing has been found that can explain the lack of interaction between the number of beams and the number of passes.

The harrows consisted of drag-beams, tines and crumblers. They produced a coarser tilth than did the drags. The reason is that it is the tines that do most of the tilling in the treated layer. The soil thus tilled by the tines was only loosened into its initial aggregates. The dragbeams in front of the implement tilled only the top layer, and therefore crushed only small amounts of the soil. The crumblers following the tines also had little ability to reduce the soil aggregates. The final aggregate size distribution, therefore, became dependent on the aggregate size distribution in the initial, undisturbed soil. Tine treatments will always cause a sorting action. Big particles will be transported upwards and small particles downwards. This sorting action was, however, fairly insignificant.

The tines tilled the soil to the adequate depth independently of the soil condition. Accurate depth control was, however, difficult to attain. The depth varied greatly with the angular adjustment of the tines, the spring characteristics of the tines and the mechanical impedance of the soil. S-tines ensured a more even tillage depth than did C-tines. The evenness of the tillage pan was also dependent on the tine type. S-tines formed a more even pan than did C-tines, and rigid tines with broad shares formed a more even pan than did flexible tines with narrow shares. In these experiments the tracks of the broad shares touched each other while the spacing between the tracks of the narrow shares was up to 60 mm. Different spacings of narrow shares in this area had no influence on the evenness across or along the direction of travel. The troughs formed by narrow shares were well levelled by the crumblers, though when formed by broad shares the crumblers did not manage to level them satisfactorily.

Drag-harrows were both drag- and harrowbased. The difference in the tilling results between drag- and harrowbased drag-harrows was less than that between drags and harrows. The degree of pulverization produced by the dragbased drag-harrows corresponded to that produced by the drags. Harrowbased drag-harrows produced soil aggregates at a fineness halfway

between those resulting from drags and harrows. The tillage depth from dragbased drag-harrows matched that of the drags. With harrowbased drag-harrows this depth was a matter of adjustment. They also formed the tillage pan more evenly than did both drags and harrows. Dragbased drag-harrows formed a more even pan than did harrowbased drag-harrows with narrow shares. With broad shares without spacings between their tracks there was no difference between dragbased and harrowbased drag-harrows. On firm soil the tillage depth is the main problem. If it is tines that have to do the cutting through the soil to the necessary depth, coarser aggregates will be produced than when drag-scrapers do so.

Filling of dead furrows was investigated in special experiments. The filling ability corresponded with the ability of the implement to cut and transport soil. Most favourable were implements with drag-beams 100 mm high, working with the front of the beam at right angles to the soil surface.

The draught requirement of the implements varied greatly. No statistical difference between the three types of implement (drag, harrows, drag-harrows) was found. The implement parameters of greatest significance were weight and working width. With dragbased implements the weight and with harrow-based implements the width had the greatest significance. Increasing the proportion of sand in the soil decreased the draught.

The depositing depths of the seeds were highly dependent on the spring tension applied to the seed coulters. Increased spring tension caused increased sowing-depths. The cutting action of the fertilizer coulters had no effect on the evenness of the pan beneath the seed coulters and very little effect on the aggregate size distribution. Seeds in the fertilizer furrows will not germinate. However, even with wing-coulters only insignificant amounts of seed fell down into these furrows.

Rolling after sowing contributed to a slight further pulverization of the soil. The greatest pulverization effect occurred in soil with a rough surface and coarse soil aggregates. Still, on an average, the desired aggregate fractions increased with only 3-5 %. Greater clay content prevented pulverization of the soil into small aggregates ($<0,05$ mm).

Emergence increased with increasing moisture contents and with increasing fineness of the aggregates. Increasing sowing-depths reduced emergence.

JORDA OG BEARBEIDINGSMULIGHETENE

Jorda må være laglig for å kunne bearbeides. Denne tilstand avhenger av fuktigheten og jordarten. På stivere leirjord kan det laglige fuktighetsområde være temmelig lite. Er jorda for tørr vil det være vanskelig å oppnå tilfredsstillende smuldring, og er den for fuktig kan bearbeidingen kline den sammen til en plastisk masse. Ved opptørking vil denne massen stivne til harde og store klumper. Disse ulike egenskapene skyldes at fuktigheten er avgjørende for sammenbindingskreftene (kohesjon og friksjon) i jordmassen (KOENIGS, 1961). Fig. 1 viser hvordan kreftene mellom aggregatene og innen aggregatene avhenger av fuktigheten.

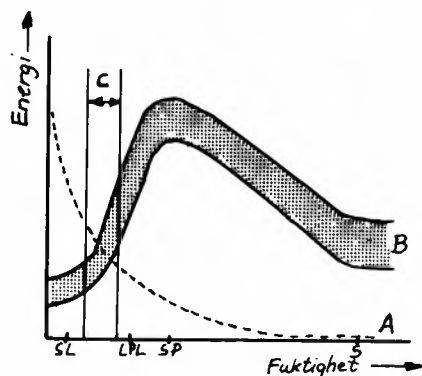


Fig. 1. Energi i jord avhengig av fuktigheten (KOENIGS, 1961).
 Energies in soil depending on moisture content (KOENIGS, 1961).

SL	= Krympegrensen	Shrinkage limit
LPL	= Laveste plastisitetens grense	Lower plasticity limit
SP	= Klebegrensen	Sticky point
S	= Vannmetning	Saturation
A	= Kohesjonskreftene innen aggregatene	Intra-aggregate cohesion
B	= Kohesjonskreftene mellom aggregatene	Inter-aggregate cohesion
C	= Laglig bearbeidingsområde	Effective range for soil preparation

I tørr jord er kohesjons- og friksjonskreftene mellom aggregatene små, mens kohesjonskreftene innen de enkelte aggregater er store. Disse aggregatene vil følgelig lett gli unna bearbeidingsverktøyet samtidig som det er vanskelig å dele dem opp i mindre aggregater. Etter hvert som fuktigheten i jorda stiger øker kohesjonen og friksjonen mellom aggregatene, mens kohesjonen innen enkeltaggregatene avtar. I det laglige området er kohesjonen og friksjonen mellom aggregatene relativt stor og kohesjonen innen aggregatene er moderat. Jorda er følgelig lett å smuldre, og glir heller ikke så lett unna bearbeidingsverktøyet. Når fuktigheten øker utover det laglige området blir friksjonen mellom aggregatene veldig stor. Dessuten lar aggregatene seg lett deformere. Jorda er da plastisk. Det skal stor kraft til for i det hele tatt å trekke et verktøy gjennom jorda. Kohesjonen innen aggregatene er veldig liten, og bearbeiding kan føre til at jordmassen spaltes i enkeltkornstruktur. Denne massen vil inneholde lite luftporer, og ved opptørking danne store harde klumper.

Fuktigheten spiller imidlertid ikke bare rolle for sammenbindingskreftene i jorda. Den er også avgjørende for hvordan jorda brytes opp. I tørr og laglig jord vil bearbeidingsverktøyet skape spenninger som bryter opp jorda. Bruddplan dannes ved basis av verktøyet og bøyer seg mot overflaten foran verktøyet (SIEMENS et al. 1965), fig. 2. STAFFORD (1981) kaller denne oppbrytingsmåten for "brittle failure", som kan oversettes med

spenningsbrudd. Bruddplanene dannes ikke kontinuerlig, men kommer til overflaten med bestemte mellomrom. I fuktig plastisk jord dannes det ikke bruddplan foran bearbeidingsverktøyet. Hele jordmassen foran verktøyet oppdeles til småaggregater som etterpå forener seg til en tett masse. STAFFORD (1981) kaller denne oppbrytingsmetoden for "flow compression failure" som kan oversettes til strømningsbrudd. Han har påvist at denne oppbrytingsmåten fremmes av tiltakende jordfuktighet, avtagende jordfasthet, stor hastighet på bearbeidingsverktøyet og stor skjærvinkel på bearbeidingsverktøyet, fig. 3.

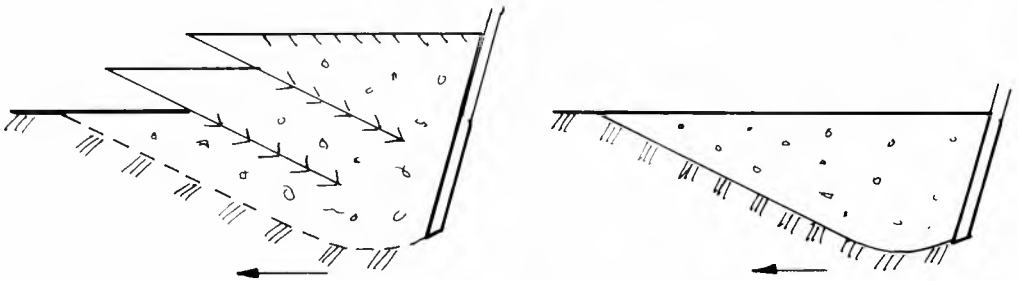


Fig. 2. Oppbryting av jorda foran et verktøy (SIEMENS et al. 1965)
Soil failure in front of a tool (SIEMENS et al. 1965).

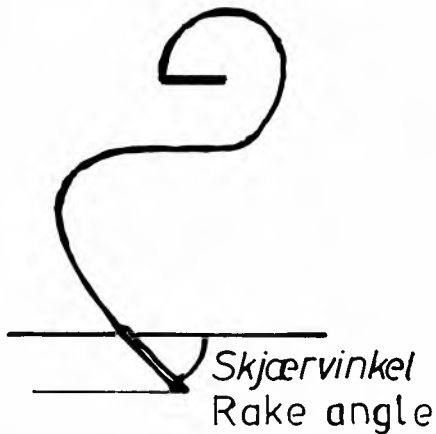


Fig. 3. Et verktøys skjærvinkel.
Rake angle of a tool.

Under praktiske forhold om våren vil man måtte vente til jorda er laglig i overflaten. Da vil jorda brytes opp av de spenningsbrudd som bearbeings-

verktøyet skaper. Selv om jorda er laglig i overflaten kan den være plastisk i dybder på ca. 100 mm og nedover. Dyp bearbeiding kan derfor være uheldig. Dessuten kan det være uheldig å påføre jorda store belastninger.

SÅBED OG SPIRING - TIDLIGERE UNDERSØKELSER

Jordarbeidingen har til oppgave å skaffe tilveie et såbed der frøene kan plasseres slik at de får muligheter for rask og god spiring. Såbedet må følgelig kunne gi frøene gode muligheter for tilstrekkelig vannopptak. Det må ikke påføre spirene besværlig mekanisk motstand på dets veg til overflaten. Dessuten må røttene kunne trenge ned i jorda på en tilfredsstillende måte. Videre må ikke frøenes næringsforråd forbrukes før spirene når overflaten. Sådybden må derfor ikke være for stor.

Den mest vanlige årsak til spiringsproblemer er tørke. Tørkeproblemet er mest utbredt på leirjord i områder med forsommertørke. Dernest er årsaken skorpedannelse. Dette problemet er mest alvorlig på siltholdige leirjorder, men kan også inntre på andre struktursvake leirjordsarter under ugunstige værforhold. På lettere jord skyldes spireproblemene ofte for stor sådybde. Frøenes opplagsnæring blir oppbrukt før plantene når overflaten, og resultatet blir dårlig spiring eller i det minste forsinket spiring (HÅKANSON & von POLGAR, 1976).

Jordaggregatfordelingen er av stor betydning for spirevilkårene. En rekke undersøkelser i ulike land og under forskjellige forhold konkluderer med at en stor andel små aggregater framskynder og bedrer spiringen. JOHNSEN & TAYLOR (1960) oppnådde bedre spiring når 30 % av aggregatene var <0,25 mm når findelingen var grovere. NJØS (1979) oppnådde raskere spiring i aggregatfraksjonen 0,6 - 6,0 mm enn i grovere og finere fraksjoner. Et 30 mm tykt topplag med fraksjonen 0,6 - 6,0 mm gav høyere maksimal jordtemperatur og mer tilgjengelig vann enn grovere og finere fraksjoner. KAHNT et al. (1976) fant at økende aggregatstørrelser forsinket spiringen. Spireprosenten økte med andelen aggregater < 5,0 mm. Denne aggregatstørrelsen burde det være mest mulig av i sjiktdybden 30 - 60 mm. KETCHESON & VYN (1979) kunne ikke påvise sammenheng mellom aggregatandelen <5,0 mm i såbedet og spiretidspunktet. Imidlertid var plantehøgden (mais) etter 35 og 40 dager direkte proporsjonal med aggregatandelen <5,0 mm.

BUSHAN et al. (1973) og JOHNSON & BUCHELE (1961) konkluderte med at aggregatstørrelsen 4,0 - 6,0 mm er mest fordelaktig for spiringen. En av de forklaringer som gis er at fordampingen økte sterkt når midlere aggregatdiameter økte fra 7,0 til 12,0 mm. HOLMES et al. (1960) målte at fordampingen økte til det 12-dobbelte når midlere aggregatstørrelse økte fra 2,5 til 25,0 mm. HILLEL & HADAS (1962) fant at aggregatfraksjonen 0,25 - 2,0 mm gav best tørkebeskyttelse på bar mark. HÅKANSON & von POLGAR (1976) fant at såbedets tørkebeskyttelse økte med avtagende aggregatstørrelse. Aggregatstørrelsen 4,0 mm gav meget god tørkebeskyttelse. HEINONEN (1985) peker på at andelen av aggregater <0,5 mm i såbedet bør være liten fordi disse små aggregatene har stort vannpotensiale og stor ledningsevne i umettet tilstand. Disse egenskapene er uønsket, særlig i den øvre del av såbedsjiktet.

Hvilken betydning aggregatstørrelsen har for skorpedannelsen er noe uklar. Den alminnelige oppfatning har vært at store aggregater på overflaten forhindrer skorpedannelse. HÅKANSON & von POLGAR (1977), HADAS & STIBBE (1977) og HEINONEN (1965) kunne ikke påvise en slik sammenheng, men fant i stedet tendens til at økende aggregatstørrelse gav dårligere spiring på skorpedannende jord. Årsaken var at økende aggregatstørrelse forsinket spiringen. Samtidig tiltok skorpens fasthet med tiden og hindret spiringen mer og mer. Spiringen bør derfor inntre før skorpedannelsen. Desto dypere såingen er desto lengre tid tar det før spirene når overflaten. Skorpens fasthet kan da bli så stor og spirene så svekket pga. manglende vann og opplagsnæring at de ikke klarer å trenge gjennom skorpen. Spiringen bør derfor skje raskest mulig. Av den grunn bør det såes grunt, og sådybden bør variere så lite som mulig og såbedet bør være godt findelt.

Ut fra de foran refererte undersøkelser kan det slås fast at såbedet bør domineres av små aggregater. Den mest gunstige aggregatstørrelsen synes å være mellom 0,6 og 6,0 mm. Spørsmålet er så hvor viktig aggregatstørrelsen er i forhold til fuktigheten. HÅKANSON & von POLGAR (1977) gav følgende svar på dette spørsmålet. Har aggregatfraksjonene samme fuktighet, spiller det ingen rolle om de blandes eller lagdeles. Dersom de største aggregatene er tørrest, bør de ligge på overflaten, og er de våtest bør de plasseres så dypt som mulig. På jordarbeidingstidspunktet vil fuktigheten normalt alltid tilta med dybden. Det fuktige materialet ved bunnsjiktet bør beholdes nær bunnen og det tørre materiale på overflaten bør beholdes der uavhengig av aggregatstørrelsen. Dybden på såbedet bør være 40 - 50 mm. Dybder i dette området gir god tørkebeskyttelse, og ifølge KRITZ (1983) vil vanntilgangen vanligvis være god slik at frøene spirer raskt. Av hensyn til vann-tilgangen i denne dybden vil det være fordelaktig om en størst mulig del av frøene ble plassert på bearbeidingsbunnen eller trykket ned i denne. Bearbeidingsbunnen bør derfor være jamn. Såmaskinlabbene trykker mot bearbeidingsbunnen, og for at de skal kunne følge bunnen må denne være så jamn som mulig.

Det er viktig at kvaliteten av bearbeidingen blir den samme over hele feltet. Særlig bør en unngå flekkvise variasjoner i såbedstilstanden. Områder med dårlig spiring vil være utsatt for ugrasvekst og svekkede planter. Av den grunn vil slike områder også i større grad være gjenstand for parasitt- og insektangrep. Tilfeldige variasjoner i spirevilkårene for de ulike frøene er ikke så uheldig fordi avlingstapet på de svake plantene i stor grad vil bli kompensert ved større produksjon på de tidlige spirte plantene (HEINONEN, 1965).

Med bakgrunn i de refererte undersøkelsene kan det settes opp følgende krav til såbedstillagingen:

1. Gi god smuldring av jorda. I bearbeidingsjiktet bør aggregatandelen 0,5 - 6,0 mm utgjøre ca. 50 %.
2. Gi jamnest mulig bearbeidingsbunn.
3. Gi mest mulig konstant bearbeidingsdybde innen området 40 - 50 mm.

4. Gi minst mulig blanding av jorda. Det fuktige materialet nær bearbeidingsbunnen bør forbli der og det tørre materialet på overflaten bør beholdes der.

PROBLEMSTILLING OG FORMÅL

Jordarbeidingsredskapene har forskjellig virkemåte og det er all grunn til å tro at de dermed også har ulik evne til å oppfylle de foran nevnte kravene til såbedet. Den mest markerte forskjell i virkemåte går mellom kraftuttaksdrevne og ikke-kraftuttaksdrevne redskaper. En rekke undersøkelser har vist at drevne redskaper har langt større effektbehov enn ikke-drevne redskaper. Av den grunn ble disse undersøkelsene begrenset til ikke-drevne redskaper. Med denne begrensning var formålet å finne fram til utstyr som bearbeidet såbedet slik at kravene til et godt såbed i størst mulig grad ble oppfylt. Dette burde oppnås med så få bearbeidinger som mulig, helst bare med en bearbeiding. Den bearbeidingsvirkning som kombisåmaskinene og tromlingen gav såbedet skulle også klarlegges. Videre skulle redskapenes trekraftbehov undersøkes.

UTFØRTE MÅLINGER I FORSØKENE

Før bearbeidningen begynte tok en på forsøksfeltene målinger av overflatejæmnheten langs og tvers på pløyeretningen, skjærfasthetsmålinger og jordprøver for bestemmelse av fuktigheten, aggregatfordelingen og andelene av sand, silt og leire. Etter bearbeidningen ble det for de enkelte forsøksledd tatt jordprøver for bestemmelse av aggregatfordelingen i to dybdesjikt. Det ene var fra overflaten og til 20 mm dybde, og det andre fra 20 mm dybde og til bearbeidingsbunnen. Videre ble jæmnheten på overflaten og bearbeidingsbunnen målt på langs og på tvers av kjøreretningen. Bearbeidingsdybden ble målt og i en del tilfeller ble også skjærfastheten målt i bearbeidingsjiktet og bearbeidingsbunnen.

Skjærfasthetsmålinger ble tatt med vingebor med 20 eller 30 mm høge vinger, fig. 4. Dreiemomentet ble avlest i kpcm og ut fra det ble skjærfastheten beregnet i N/mm^2 . Jordprøver for bestemmelse av aggregatfordelingen før bearbeiding ble tatt med en spade til en dybde på ca. 50 mm. Avhengig av feltets størrelse ble det tatt 6-12 prøver på hvert felt før bearbeiding. Jordprøvene for bestemmelse av aggregatfordelingen etter bearbeiding ble tatt med en jordhovel til 20 mm dybde, fig. 5. Jord fra sjiktet 0-20 mm og fra 20 mm til bearbeidingsbunnen ble samlet i esker. For hvert forsøksledd ble det tatt to parallelle prøver. Prøvene ble tørket og såldet, og aggregatfraksjonene >19 mm, 5,6-19 mm, 2,0-5,6 mm, 0,5-2,0 mm og $<0,5$ mm ble funnet.

Overflatejæmnheten før bearbeiding er tildels målt med relieffmetre og dels med en lang bjelke, fig. 6 og fig. 7. Relieffmeteret var 140 cm langt og avstanden til overflaten ble målt for hver 5 cm. Bjelken var 400 cm lang og avstanden til overflaten ble målt i overflatekurvens knekkpunkter. Etter bearbeiding ble jæmnheten på bearbeidingsbunnen kun målt med relieffmetre.

Bearbeidingsdybden er i noen tilfeller funnet som differansen mellom relieffmetermålingene til overflaten og bunnen. I de fleste tilfellene er den imidlertid målt direkte i forhold til overflaten i tilknytning til jordprøvene. Den ble da målt inne i den ramma jordhøvelen ble ført i. I de førstnevnte tilfellene er bearbeidingsdybden følgelig samhengende med jammheten på bunnen og overflaten. I de øvrige tilfellene er den samhengende med aggregatfordelingen.



Fig. 4. Måling av jordas skjærfasthet med vingebor.
Measuring the shearing strength of the soil with shear vane.

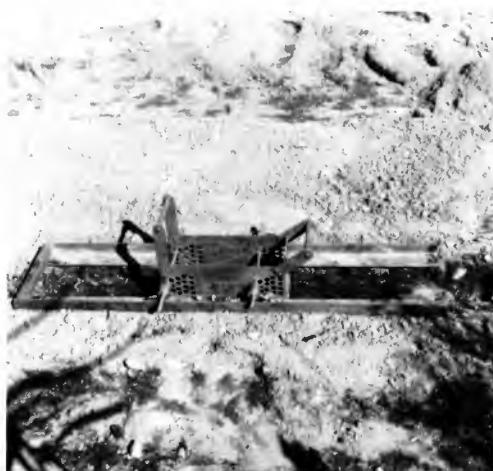


Fig. 5. Jordhøvel for uttak av jordprøver etter bearbeiding.
Scoop and steel frame for collection of soil samples after tillage.



Fig. 6. Måling av ujamnhetene på overflaten og bunnen med relieffmeter.
Measuring the roughness of the tillage surface and the pan with reliefmeter.



Fig. 7. Lang bjelke for måling av ujamnheten på overflaten.
Long beam for measuring the roughness of the surface.

Jamnhetene på overflaten og bunnen er uttrykt ved standardavvik i mm. Standardavviket på overflaten er knyttet til relieffmålinger som er korrigert i henhold til en rettlinjert regresjon mellom målepunktene. På bearbeidingsbunnen er standardavviket knyttet til målinger som er korrigert i henhold til en annengrads regresjon mellom målepunktene. Denne forskjell i beregningsmåte medfører at dersom både overflaten og bearbeidingsbunnen har vært krum, så vil standardavviket på overflaten måtte bli høyere enn på bearbeidingsbunnen.

Hvorvidt eller i hvilken grad bearbeidningen blander jorda er ikke undersøkt spesielt. Målinger av aggregatfordelingen i sjiktet 0 til 20 mm og fra 20 mm til bearbeidingsbunnen vil forsåvidt ikke avdekke om det skjer en findeling i begge sjikt, eller findeling bare i det øvre sjiktet og i tillegg transport av små aggregater nedover i sjiktet og store aggregater oppover i sjiktet.

Noen felt ble tilsådd. På disse felt ble fuktigheten etter bearbeiding og under spiring registrert. Videre ble oppspiringsresultatet registrert ved to tidspunkter ved at antall spirer ble optelt. I den første tid etter oppspiring ble også veksten vurdert. Avlingen ble ikke registrert.

OPPLEGG AV UNDERSØKELSENE

Det foreligger lite kunnskap om den bearbeiding ulike redskaper og bearbeidingsverktøy gir såbedet. Særlig er det lite kunnskap om den bearbeiding slodder, ribbetrommel og cambridgetrommel gir. Våre undersøkelser med slodder, ribbetromler og tromler har derfor fått relativt stort omfang. Undersøkelsene er delt i flere hovedgrupper. Det er utført spesielle forsøk over sloddeverktøy, tinder og tromler. Komplette redskaper har hvert år blitt sammenliknet i minst ett forsøk. Redskapers og bearbeidingsverktøyers evne til å bearbeide jord med mye stein er undersøkt spesielt. Trekkraftbehovet for de fleste redskapene er målt under ulike forhold. Endelig er bearbeidingsvirkningen av kombisåmaskinens gjødsellabber undersøkt.

Forsøksfeltene har vært utlagt på ulike bruk i Follo og Hobøl, Norges landbrukshøgskole og Tomb jordbruksskole. Forsøksplanene omfattet faktorielle forsøk med disse faktorene: Ulike pløyekvaliteter som bearbeidningen ble foretatt på, ulike redskaper, ulike bearbeidingsverktøy, ulike innstillinger og kombinasjoner av bearbeidingsverktøy, ulik kjøreretning i forhold til pløyeretningen, ulike måleretninger av overflate og bearbeidingsbunn i forhold til kjøreretning og ulike måledybder for uttak av aggregatprøver. De fleste forsøkene var etter planer med mange faktorer. Tabell 1 viser omfanget av forsøksinnsatsen i de ulike år. Forsøksresultatene ble beregnet etter vanlige statistiske metoder. Signifikansnivåene er oppgitt direkte med P-området. Ikke signifikante effekter eller samspill er bare ført opp og kommentert der det er spesielle grunner for det.

Tabell 1. Type og antall forsøk.
Table 1. Type and number of experiments.

Forsøk med Experiments with	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Sloddeverktøy Drag tools			8	8				
Tinder Tines		1	1					
Ribbetromler Crumblers		2						
Sloddeverktøy og tromler Drag beams and crumblers				2				
Komplette redskaper Complete implements	1	2	1	1	3	1	4	3
Cambridge- trommel Cambridge rollers	1	1	1	3	1			
Trekraft Draught			1	4				
Steinrik jord Stony soil				3	1			
Kombisåmaskin Combisowing machine					1			

Forsøksresultatene er i hovedsak uttrykt ved følgende mål for kvaliteten av såbedstillagingen:

- a) Jordas findeling i dybdene 0 til 20 mm og fra 20 mm til bearbeidingsbunnen. Findelingen er uttrykt som prosentvis fordeling av aggregatene i ulike fraksjoner etter deres diameter. Her oppgis prosentandelen av fraksjonene med 0,5-5,6 mm (de gunstigste aggregatene) og andelen < 5,6 mm. Den sistnevnte andel er et uttrykk for redskapenes evne til å findele. Rundt frøene bør over halvparten av aggregatene være i fraksjonen 0,5 - 6,0 mm.

- b) Jæmnheterne på jordoverflaten og bearbeidingsbunnen uttrykt ved standardavviket i mm.
- c) Bearbeidingsdybden i mm.
- d) Spireprosenter og karakterer for spiringen og veksten. Disse kvalitetsmål ble benyttet i sammenlikningen mellom komplette redskaper.

SLODDE- OG HARVEBASERTE REDSKAPER

Av de ulike måter å gruppere redskapene på framkom de største og sikreste forskjellene n r redskapene ble gruppert på grunnlag av det bearbeidingsverktøy som bearbeidet dypest. Når tindene på et redskap gikk dypest, ble redskapet gruppert som harvebasert, og n r verktøy i tilknytning til sloddedelen gikk dypest, ble redskapet gruppert som sloddebasert. Slodder, samt sloddeharver med grunnere tinder enn sloddedelen ble plassert i gruppen "sloddebaserte redskaper", og harver og sloddeharver med tinder som det dypestg ende verktøy i gruppen "harvebaserte redskaper", fig. 8 og 9.

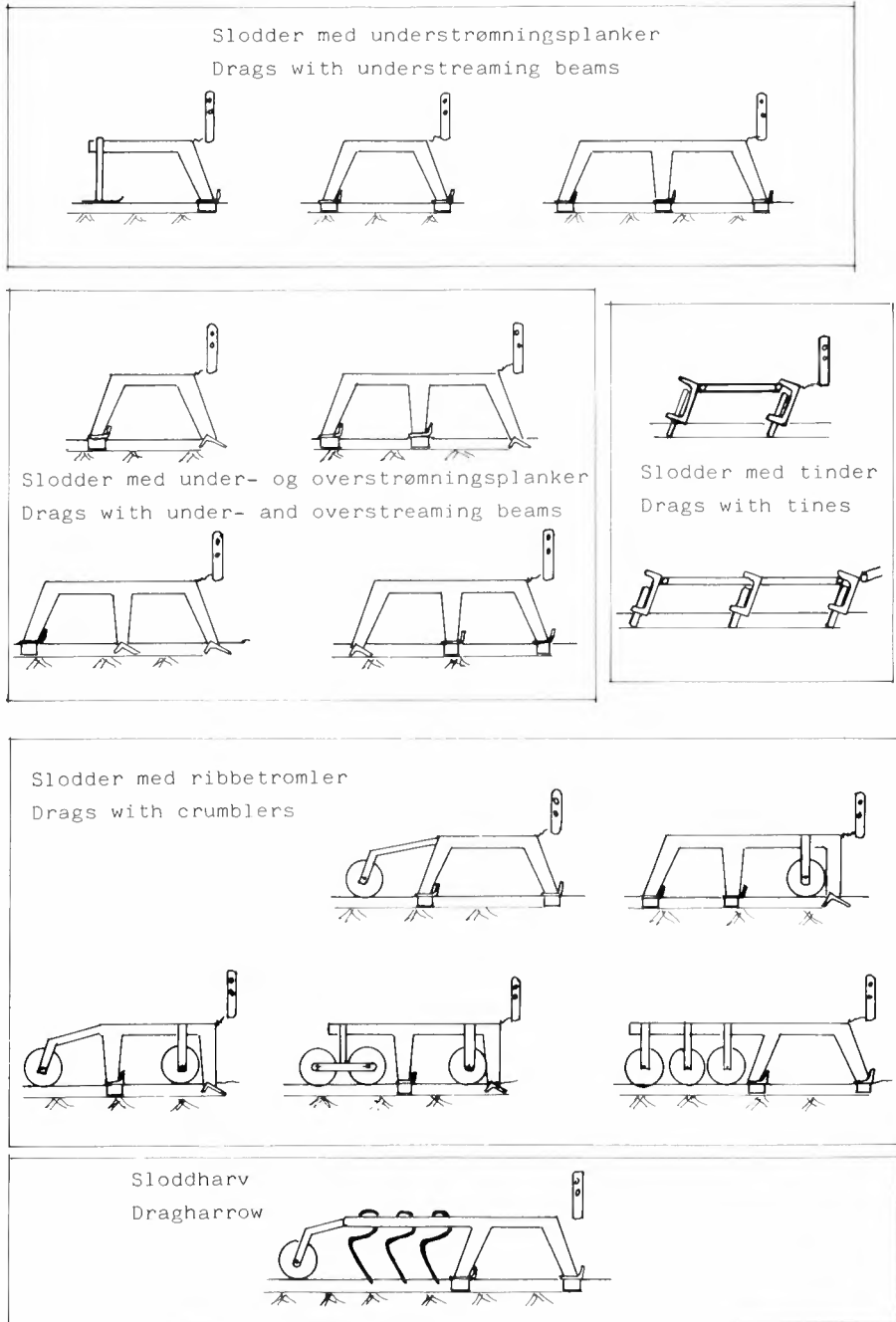


Fig. 8. Typer av sloddebaserte redskaper i undersøkelsene.
Types of drag-based implements in the experiments.

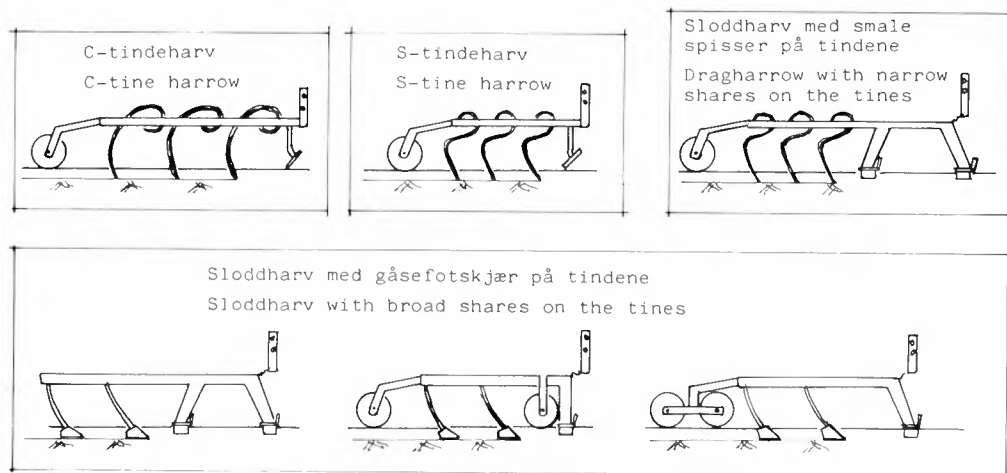


Fig. 9. Typer av harvebaserte redskaper i undersøkelsene.
Types of harrow-based implements in the experiments.

Sloddedelen på de sloddebaserte redskapene hadde minst en planke med et profil som førte jorda under planken (understrømningsplanke), se fig. 11. På undersiden hadde disse plankene enten skrapere eller tinner, se fig. 12 og 13. Alle de harvebaserte redskapene hadde også en sloddeplanke med understrømningsprofil. Denne planken var enten uten skrapere eller tinner, eller den hadde bare skrapere.

Feltforholdene

Slodde- og harvebaserte redskaper ble sammenliknet på til sammen 14 ulike årsefelt. Tabell 2 gir en oversikt over de forskjeller det var i feltforholdene i disse sammenlikningene.

Tabell 2. Feltforholdene i sammenlikningene mellom slodde- og harvebaserte redskaper. Variasjonen mellom feltene.

Table 2. Soil properties in comparisons between drag- and harrow-based implements. Variations between sites.

Leirinnhold Clay content	Aggregatfraksj. Aggregate fract.		Fuktighet Moisture	Skjære- fasthet Shearing strength	Overflate- javnhet, st.avvik Surface rough- ness st.dev.
%	<5,6 mm %	0,5-5,6 mm %	%	N/mm ²	mm
18-45	10-90	8-50	14-31	1,96 ⁻⁰³ -12,8 ⁻⁰³	12-50

Tabellen viser at det var veldig store forskjeller i feltforholdene. Den betydning disse forskjellene måtte ha, vil i tilfelle vise seg ved samspill i variasjonsanalysene.

Resultater

Findelingen

Findelingen ble i hovedsak bestemt av forhold knyttet til året og forsøksfeltene, det dybdesjikt som ble undersøkt og redskapsbehandlingen. Disse tre hovedfaktorene forklarte fra 70 til over 90 % av findelingsresultatet. Av de registreringer som ble gjort på feltene før bearbeiding var det særlig jordas findeling, jordas skjærfasthet, overflatejammheten og jordas mekaniske sammensetning uttrykt ved andelene av sand, silt og leire som var viktige for findelingsresultatet.

Findelingen var alltid betydelig bedre i det nedre sjiktet, fra 20 mm til bearbeidingsbunnen enn i sjiktet ovenfor 20 mm. Denne findelingsforskjellen var til stede på alle forsøksfelt og for alle redskapsbehandlinger. Tabell 3 viser findelingsforskjellen i de to sjiktene på noen av forsøksfeltene.

Tabell 3. Findelingen (aggregatfraksjoner %) etter bearbeiding. 4 ulike felt.

Table 3. Aggregate size distribution (aggregate fractions %) after tilling. 4 different sites.

Sjikt Layer	Felt 1 Site 1		Felt 2 Site 2		Felt 3 Site 3		Felt 4 Site 4	
	Leirinnh. 17 % Clay cont.17 % Aggr. mm <5,6 0,5-5,6	Leirinnh. 17 % Clay cont.17 % Aggr. mm <5,6 0,5-5,6	Leirinnh. 29 % Clay cont.29 % Aggr. mm <5,6 0,5-5,6	Leirinnh. 29 % Clay cont.29 % Aggr. mm <5,6 0,5-5,6	Leirinnh. 43 % Clay cont.43 % Aggr. mm <5,6 0,5-5,6	Leirinnh. 43 % Clay cont.43 % Aggr. mm <5,6 0,5-5,6	Leirinnh. 43 % Clay cont.43 % Aggr. mm <5,6 0,5-5,6	Leirinnh. 43 % Clay cont.43 % Aggr. mm <5,6 0,5-5,6
0-20 mm	78	51	61	45	47	39	25,7	21,4
20 mm-bunnen 20 mm-bottom	85	55	79	56	63	51	41,1	34,9

Tabellen viser at findelingen varierte mer i det øvre enn i det nedre sjiktet. I det nedre sjiktet kunne det være relativt god findeling selv om det var mye grove aggregater på overflaten.

Det kunne ikke påvises noe samspill mellom findelingen i disse to sjiktene og forsøksfelt eller redskapsbehandling. Dette resultatet innebærer at det må skje findeling i begge sjikt, og at findelingsvirkningen har vært bestemmende for resultatet. Dersom det bare hadde funnet sted findeling i det øvre sjiktet og resultatet for øvrig var en følge av nedsortering av små aggregater og oppsortering av store aggregater, ville resultatet vært avhengig av sorteringsvirkningen. De store forskjeller det var mellom forsøks-

felt og redskapsbehandlinger ville etter alt å dømme gitt forskjellig sorteringsvirkning (KOUWENHOVEN, 1979).

Findelingen var klart bedre for sloddebaserte enn for harvebaserte redskaper ($P < 0,01$). Dette var tilfelle både for en og to bearbeidinger, se tabell 4. To bearbeidinger gav bedre findeling enn en bearbeiding ($P < 0,01$). To harvinger eller slodding først og deretter harving gav samme findeling.

Tabell 4. Findelingen (aggregatfraksjoner %) for slodde- og harvebaserte redskaper etter en og to bearbeidinger.

Table 4. Aggregate size distribution (aggregate fractions %) for drag- and harrow-based implements after one and two passes.

Redskapsgruppe Implement group	1 bearbeiding 1 pass		2 bearbeidinger 2 passes	
	Aggr. mm		Aggr. mm	
	<5,6	0,5-5,6	<5,6	0,5-5,6
Sloddebasert Drag-based	62,5	48,8	71,7	53,9
Harvebasert Harrow-based	55,4	41,8	63,2	49,2

Findelingen var mest avhengig enten av findelingen før bearbeiding eller av skjærfastheten før bearbeiding. Økende findeling før bearbeiding var likeverdig med avtakende skjærfasthet. Av disse to alternativene ble findelingen før bearbeiding valgt som forklaringsvariabel for findelingen etter bearbeiding. Begrunnelsen for dette valget var at en ville ha angitt den findelingsvirkning ulike redskapsbehandlinger gav. I tillegg til findelingen før bearbeidingen var det særlig overflatejæmnheten og sandinnholdet i jorda som var avgjørende for findelingen etter bearbeiding. Den findeling som ble oppnådd etter to bearbeidinger var ikke så avhengig av utgangsforholdene i jorda som etter bare en bearbeiding. Se tabell 5.

Tabell 5. Regresjonslikninger for findelingen (aggregatfraksjoner %) av ulike jordparametre.
 Table 5. Regression equations for the aggregate size distribution (aggregate fractions %) of different soil parameters.

Redskaps- gruppe Implement type	Antall bearbeid- inger Number of passes	Regresjonslikninger Regression equations	R ²
Sloddebasert Drag-based	1	$A_1 = 54,3 + 0,53 a_1 - 0,39 o + 0,06 s$	0,61
		$A_1 - a_1 = 54,3 - 0,47 a_1 - 0,39 o + 0,06 s$	0,32
		$A_2 = 59,4 + 0,30 a_1 - 0,46 o - 0,40 s$	0,27
Sloddebasert Drag-based	2	$A_1 = 64,0 + 0,34 a_1 - 0,27 o + 0,06 s$	0,42
		$A_1 - a_1 = 64,0 - 0,66 a_1 - 0,27 o + 0,06 s$	0,50
		$A_2 = 46,7 + 0,37 a_1 - 0,08 o - 0,44 s$	0,18
Harvebasert Harrow-based	1	$A_1 = 37,7 + 0,39 a_1 - 0,12 o + 0,33 s$	0,77
		$A_1 - a_1 = 37,7 - 0,61 a_1 - 0,12 o + 0,33 s$	0,56
		$A_2 = 52,9 + 0,15 a_1 - 0,36 o - 0,25 s$	0,10
Harvebasert Harrow-based	2	$A_1 = 71,1 + 0,12 a_1 - 0,48 o + 0,30 s$	0,42
		$A_1 - a_1 = 71,1 - 0,88 a_1 - 0,48 o + 0,30 s$	0,56
		$A_2 = 54,1 + 0,16 a_1 - 0,26 o - 0,17 s$	0,11

A_1 = Aggregatfraksjonen <5,6 mm etter bearbeiding; %.
 Aggregate fraction <5,6 mm after tillage; %.

a_1 = Aggregatfraksjon <5,6 mm før bearbeiding; %.
 Aggregate fraction < 5,6 mm before tillage; %.

A_2 = Aggregatfraksjonen 0,5-5,6 mm etter bearbeiding; %
 Aggregate fraction 0,5-5,6 mm after tillage; %.

o = Overflatejæmnhet før bearbeiding; st.avvik i mm.
 Roughness of the surface before tillage; st. deviation in mm.

s = Sandinnholdet; %.
 Sand content; %.

Likningene viser at findelingen etter bearbeiding (uttrykt ved aggregatfraksjonen <5,6 mm) øker med findelingen før bearbeidingen, sandinnholdet i jorda og jæmnheten på pløyeoverflaten. Den økningen i findelingen som bearbeidingen gav, var for en bearbeiding sterkt avhengig av findelingen før bearbeidingen. For findelingen etter to bearbeidinger var denne avhengigheten svakere. Videre viser likningene at jo sterkere findelingen var før bearbeidingen, desto mindre findelingsutslag gav bearbeidingen. For den mest gunstige aggregatfraksjonen 0,5-5,6 mm hadde de ulike jordparamet-

rene liten forklaringsverdi. Av interesse var det likevel at denne fraksjonen bare økte med findelingen før bearbeiding og jamnheten på overflaten. Sandinnholdet bidrog til å redusere denne fraksjonen. Forklaringen på sandinnholdets noe motstridende findelingsbidrag var at denne jordparameteren i første rekke økte andelen aggregater <0,5 mm. Dette gav totalt sett større andel aggregater <5,6 mm og mindre andel aggregater 0,5-5,6 mm. Etter en bearbeiding forklarte de oppgitte jordparametrene noe mer av findelingsvariasjonen for harvebaserte enn for sloddebaserte redskaper. Dette innebærer at sloddebaserte redskaper har sterkere findelingsvirkning enn harvebaserte redskaper.

En hadde ventet at bearbeidingsdybden hadde spilt en rolle for findelingen. Denne dybden varierte fra 20 til 90 mm, men denne variasjonen gav ingen sikker findelingsvirkning verken for slodde- eller harvebaserte redskaper. Det som sannsynligvis er mest avgjørende for redskapenes evne til å findele jorda, er hvor faste klumpene er. Dersom klumpene ikke lar seg knuse av de påkjenninger redskapet gir, oppnås ikke bedre findeling. Hvor harde klumper som kan knuses av slodder og harver vet vi lite om. Imidlertid er det forbausende hvor løse klumper man kan finne i draget etter disse redskapene. Slike klumper kan ikke ha vært utsatt for særlig stor påkjenning. På den annen side vet man ikke hvor stor påkjenning de knuste klumpene ble påført.

Bearbeidingsdybden og jamnheten på bearbeidingsbunnen

Intensjonen var at de ulike redskapene skulle gi omtrent samme bearbeidingsdybde. Likevel ble det en klar forskjell i bearbeidingsdybden for de to redskapsgruppene. Harvebaserte redskaper gav større bearbeidingsdybde enn sloddebaserte redskaper. Vekta av redskapet hadde imidlertid også virkning på bearbeidingsdybden. Økt redskapsvekt pr. m arbeidsbredde gav større bearbeidingsdybde for sloddebaserte redskaper, men ikke for harvebaserte redskaper, tabell 6.

Tabell 6. Bearbeidingsdybden (mm) for slodde- og harvebaserte redskaper med ulik vekt pr. m arbeidsbredde.

Table 6. Tillage depth (mm) for drag- and harrow-based implements of different weights per m working width.

Redskaps- gruppe Implement group	Redskapets vekt/arbeidsbredde Implement weight/working width			Gjennomsnitt Mean
	<150 kg/m	150-270 kg/m	>270 kg/m	
Sloddebasert Drag-based	34,5	40,0	45,8	40,0
Harvebasert Harrow-based	-	48,0	49,0	49,0

To bearbeidinger gav ikke større bearbeidingsdybde enn en bearbeiding. Dette er noe overraskende. Den alminnelige oppfatning er gjerne at bearbeidingsdybden øker for hver bearbeiding. I tidligere norske og svenske undersøkelser har to og tre bearbeidinger ofte gitt større dybde enn en bearbeiding. Tilleggsdybden ved to og tre bearbeidinger har imidlertid vært beskjeden.

Variasjonene i bearbeidingsdybden (20-90 mm) var svært lite avhengig av de målte jordparametrene. Bare ca. 10 % av variasjonene i denne dybden ble forklart av disse variablene. Skjærfastheten hadde størst betydning. Bearbeidingsdybden avtok med skjærfastheten.

Jamnheten på bearbeidingsbunnen var ikke særlig avhengig av de ulike redskapsbehandlingene. Av redskapsbehandlingene var det bare antall bearbeidinger som hadde signifikant virkning. To bearbeidinger gav jamnere bunn enn en bearbeiding ($P < 0,01$). Virkningen av to bearbeidinger var størst på ujamn pløyeoverflate, tabell 7. Tabellen viser videre at redskap med økende vekt gav tendens til mer ujamn bunn. Harvebaserte redskaper gav også en viss tendens til mer ujamn bunn enn sloddebaserte redskaper. Den jamnhet som er vist i tabell 7 er gjennomsnittet av målinger langs og tvers på kjøreretningen. For alle redskapsbehandling ble det større jamnhet i kjøreretningen enn på tvers av kjøreretningen ($P < 0,05$).

Tabell 7. Jamnheten på bearbeidingsbunnen (standardavviket i mm) for ulike redskapsbehandlingene. (Gjennomsnittet av målinger langs og tvers av kjøreretningen).

Table 7. Roughness of the tillage pan (standard deviation in mm) for different implement treatments. (Average along and across the driving direction).

Antall bearbeidinger Number of passes	Redskapets vekt/arbeidsbredde Implement weight/working width			Redskapsgruppe Implement group		Pløyeoverfl. Ploughed surface	
	<150 kg/m	150-270 kg/m	>270 kg/m	Slodde- basert Drag based	Harve- basert Harrow based	Jamn Even	Ujamn Uneven
1	6,5	7,3	8,0	6,3	7,2	5,6	7,5
2				5,4	5,9	5,4	5,8

Totalt varierte jamnheten på bearbeidingsbunnen uttrykt ved standardavviket fra 3 til 13 mm. Bare 20 - 30 % av disse variasjonene kunne forklares av de registrerte jordparametrene. De parametre som hadde størst betydning var findelingen før bearbeiding, skjærfastheten, overflateavviket og leirinnholdet i jorda. Disse variablene gav omtrent samme forklaringsbidrag for slodde- og harvebaserte redskaper og for en og to bearbeidinger.

I tabell 8 er vist likningen i gjennomsnitt for begge redskapsgruppene og bearbeidingene. Avvikene på bunnen avtok med økende skjærfasthet, med økende andel av små aggregater før bearbeiding og med leirinnholdet. Store ujamnheter på overflaten bidro til mer ujamn bunn. Det er interessant at skjærfastheten og findelingen før bearbeidingen er uavhengige variabler med hver sin virkning. For findelingen var disse variablene sterkt korrelerte med samme virkningen på resultatet. Selv om disse variablene forklarte lite av den variasjon det var i denne jamnheten, er det likevel verdifullt å få klarlagt om de virker positivt eller negativt på jamnheten.

Tabell 8. Regresjonslikningen for jamnheten på bearbeidingsbunnen (standardavvik i mm).

Table 8. The regression equation for the roughness of the seedbed pan (standard deviation in mm).

$$B = 10,5 - 456,1 q - 0,07 a_1 + 0,1 o - 0,04 l \quad R^2 = 0,22$$

B = Jamnheten på bearbeidingsbunnen; st.avvik mm.
Roughness of the tillage pan; st. dev. mm.

q = Skjærfastheten; N/mm²
Shear strength; N/mm²

a₁ = Aggregatfraksjonen <5,6 mm før bearbeiding; %.
Aggregate fraction <5,6 mm before tillage; %

o = Jamnheten på overflaten før bearbeiding; st.avvik i mm.
Roughness of the surface before tillage; st. dev. in mm.

l = Leirinnhold; %.
Clay content; %.

Diskusjon

Resultatene viser at findelingen har vært relativt sterkt avhengig av jordparametrene. Som det framgår av tabell 5 har jordas findeling før bearbeiding, overflatejamnheten og sandinnholdet hatt størst betydning. Disse jordparametrene har variert mye fra felt til felt. Feltene har hatt jord fra temmelig stiv leire til sand. På jord med praktisk talt samme mekaniske sammensetning har det vært store forskjeller i naturlig findeling og skjærfasthet. Som rimelig kan være, har disse store feltforskjellene ført til at feltene har hatt størst betydning for findelingsresultatet. Disse store forskjellene mellom feltene har imidlertid ikke medført noe samspill mellom forsøksfelt og redskapsgruppe.

En nærmere gjennomgåelse av materialet viste at forskjellen mellom disse to redskapsgruppene var liten på svært lett jord. På noen få gjentak var leirinnholdet mindre enn 15 % og sandinnholdet større en 45 %. På disse gjentakene var findelingen praktisk talt den samme for slodde- og harve-

baserte redskaper. På litt tyngre og fastere jord gav sloddebaserte redskaper klart sterkere findeling enn harvebaserte. Forskjellen mellom disse redskapsgrupper kunne imidlertid variere noe.

To bearbeidinger forbedret findelingen, men klart mest for harvebaserte redskaper. Etter to bearbeidinger var derfor forskjellen mellom de to redskapsgrupper betraktelig redusert. Dette tyder på at det er grenser for hvor sterk findelingen kan bli for disse redskapsgruppene. Denne grensen avhenger sannsynligvis av hvor harde klumpene er.

Ut fra at det ikke kunne påvises noe samspill mellom de to dybdesjiktene og forsøksfelt eller redskapsbehandling, er det hevdet at aggregatsorteringen ikke kan ha vært avgjørende for findelingen. De utførte forsøk er analysert samlet og enkeltvis og ved ulike grupperinger. Ikke ved noen analysering er det påvist noe samspill mellom dybdesjikt og forsøksfelt eller redskaper innen gruppene, slodde- og harvebaserte redskaper. KOUWENHOVEN (1979) påviste at sorteringsvirkningen avhang sterkt av aggregatenes størrelse og form, jordas fuktighet, lengden aggregatene ble transportert og kjørehastigheten. I disse undersøkelsene har både jordtilstanden og redskapene vært så forskjellig at det også må ha vært forskjeller i sorteringsvirkningen. Når slike samspill ikke har latt seg påvise, må forklaringen være at findelingsvirkningen har vært langt større enn sorteringsvirkningen.

Bearbeidingsdybden var i første rekke avhengig av redskapsgrupperingen. Når harvebaserte redskaper gav større bearbeidingsdybde enn sloddebaserte, skyldtes det at tinder hadde lettere for å søke ned i jorda enn skrapere på slodden. Situasjonen var ofte den at der det var hardt gikk sloddebaserte redskaper for grunt, mens de harvebaserte gav mer riktig dybde. På løsere jord gav de sloddebaserte mer riktig dybde, mens de harvebaserte gikk for dypt. Økt redskapsvekt gav litt større bearbeidingsdybde for sloddebaserte redskaper, men ikke for harvebaserte. På riktig hard jord gav likevel ikke tunge sloddebaserte redskaper stor nok dybde. Både for slodde- og harvebaserte redskaper vil følgelig bearbeidingsdybden avhenge av jordfastheten. Det ville vært ønskelig med reguleringsmuligheter som innebar at samme bearbeidingsdybde ble oppnådd uansett jordfasthet. Alternativet i dag er å bearbeide flere ganger. Dette fører imidlertid til både sterkere pakking og uttørking av jorda.

Jamnheten på bearbeidingsbunnen var i første rekke avhengig av antall bearbeidinger, redskapsgruppen og feltforholdene. Heller ikke for dette bearbeidingsmålet var det noe samspill mellom feltene og redskapsgruppen eller antall bearbeidinger. Sloddebaserte redskaper vil følgelig være litt bedre enn harvebaserte på svært ulike jordforhold. Også i dette tilfelle var det slik at to bearbeidinger forbedret jamnheten mest der den fra før var dårligst. Dette førte til at to bearbeidinger praktisk talt utvisket forskjellen mellom slodde- og harvebaserte redskaper. Videre innebærer dette resultatet at det er en grense for hvor jamn disse redskapsgruppene kan lage bearbeidingsbunnen.

I det foregående er det fastslått at feltforholdene ikke inngår i noe samspill med de to redskapsgrupperingene. Likeledes er det klart at feltforholdene betyr mye for bearbeidingsresultatet. Et godt bearbeidingsresultat er også

avhengig av at pløyinga bidrar til å gi god smuldring, jamn overflate og ikke for fast jord.

SLODDER OG SLODDEVERKTØY

Tidligere undersøkelser

Det foreligger svært få undersøkelser over sloddens evne til å bearbeide jorda. Foreliggende prøvemeldinger og en svensk redskapsundersøkelse (OLSSON, 1975) som også omfatter slodder, viser at sloddene har god evne til å bearbeide toppsjiktet. I den svenske undersøkelsen var evnen til å findele den samme som for harvene. Hvordan bearbeidingen blir for ulike sloddeutforminger er ikke undersøkt tidligere.

Det er imidlertid gjort noen undersøkelser med ulike bearbeidingsverktøy som kan ha en viss interesse for utformingen av slodder. Blant disse foreligger en undersøkelse over sammenhengen mellom trekkraftbehovet og et skjærs vinkel med kjøreretningen, samt en undersøkelse over findelingen for et skjær med ulike bredder. VORNKAHL (1967) fant at trekkraftbehovet for et skjær i stor grad ble bestemt av det jordvedheng som dannet seg på skjæret. Trekkraftbehovet avtok med avtakende vinkel mellom skjæret og kjøreretningen inntil jordvedhenget var borte. I tørr sand var denne grensevinkelen $15-30^{\circ}$. Var vinkelen med kjøreretningen over 45° , ble jordvedhenget så stort at trekkraftbehovet ikke lenger var avhengig av vinkelens størrelse. GILL & McCREERY (1960) fant at økende skjærbredde gav avtakende findeling.

Forsøksopplegg

Det er gjennomført en rekke forsøk der virkningen av følgende forsøksfaktorer ble undersøkt:

- a) Kjøring på langs, diagonalt og tvers på pløyeretningen.
- b) Planker vinkelrett og skråstilt på kjøreretningen (fig. 10) - 4 feltforsøk. Plankene dannet vinkelen 90° , 75° og 65° med kjøreretningen. De var både sammenhengende og oppdelte.
- c) En, to og tre planker etter hverandre - 7 feltforsøk. Plankene var både vinkelrette og skråstilte på kjøreretningen.
- d) Planker med ulike profiler (fig. 11) - 6 feltforsøk.
- e) Planker med undersittende skrapere (fig. 12) - 4 feltforsøk. Skraperne hadde vinkelen 25° og 40° med kjøreretningen. Lengden på skraperne var 150 og 250 mm og høyden var 60, 90 og 200 mm. Mellomrommet mellom skraperdragene var 0, 40, 50, 80, 100 og 200 mm.
- f) Den bakerste planken med og uten undersittende skrapere - 4 feltforsøk.

- g) Ulik vekt på slodden i forhold til arbeidsbredden - 6 feltforsøk.
- h) En og to sloddinger - 5 feltforsøk. Sammenlikningene i disse forsøkene omfattet sloddene Väderstad (to understrømningsplanker, fig. 13), Bekkevold (to overstrømningsplanker og en understrømningsplanke), Rollum, (to understrømningsplanker), sloddedelen på Kvernelands sloddharv (to understrømningsplanker) og ulike eksperimentslodd. Sloddedelen på Kvernelands sloddharv var i noen sammenlikninger kombinert med tre etter hverandre følgende ribbetromler. Eksperimentsloddene var ulike kombinasjoner av understrømningsplanke, overstrømningsplanke og ribbetromler.

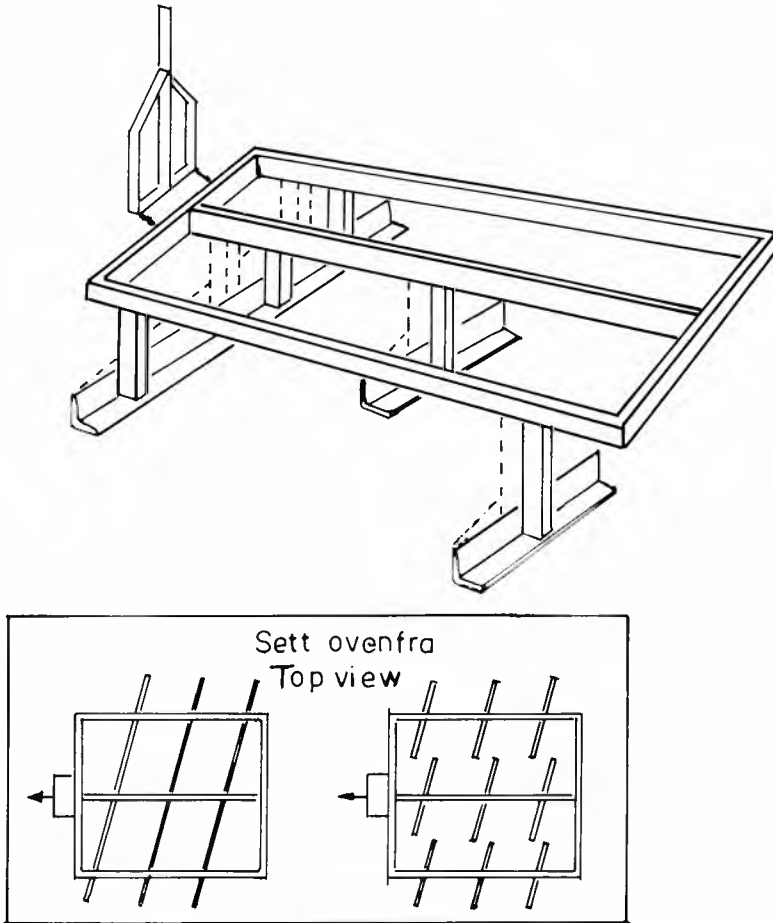


Fig. 10. Eksperimentslodd med skråstilte og oppdelte planker i forhold til kjøreretningen.

Fig. 10. Experimental drag with obliquely positioned and divided beams in relation to the driving direction.

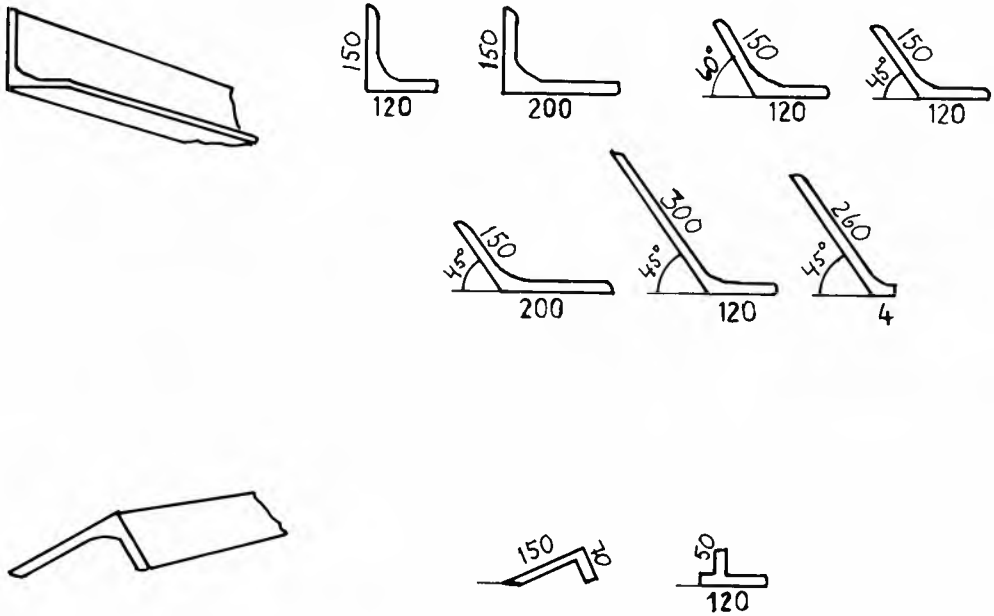


Fig. 11. Ulike sloddeplankeprofiler.
 Fig. 11. Different dragbeam profiles.
 Over: Understrømmingsplanker.
 Top: Understreaming beams.
 Under: Overstrømmingsplanker
 Bottom: Overstreaming beams.

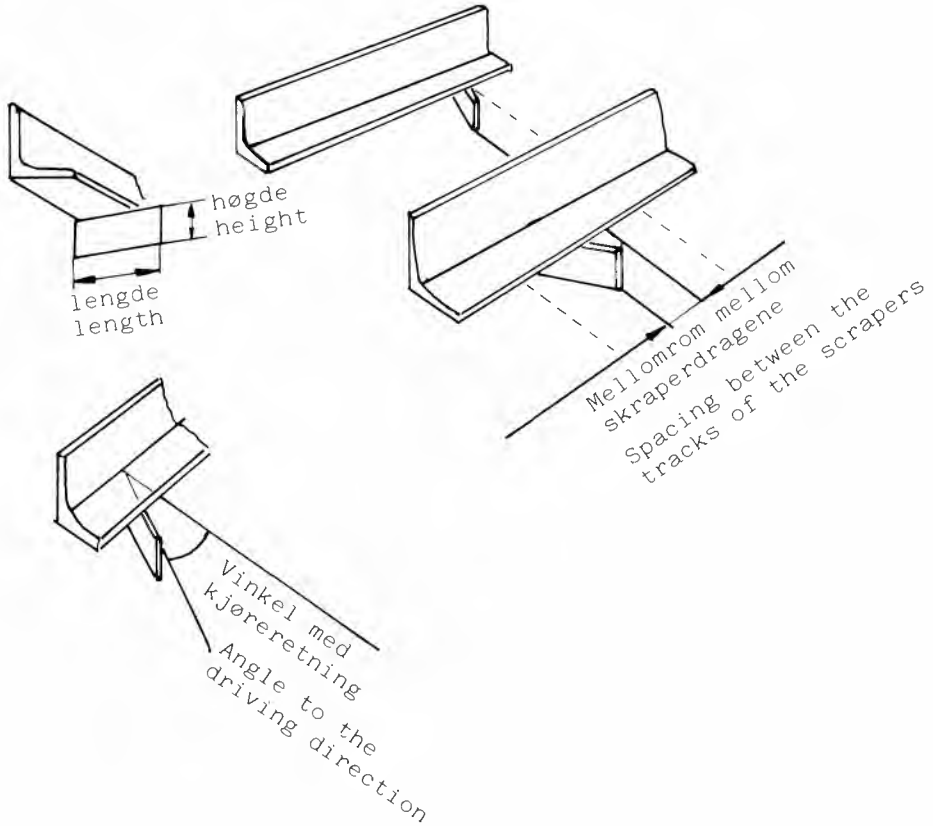


Fig. 12. Planker med undersittende skrapere og de skaperparametre som varierte.
Beams with scrapers underneath and the parameters of the scrapers which varied.

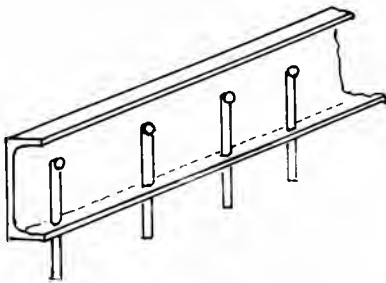


Fig. 13. Sloddeplanke med stive tinder. (Väderstad).
Dragbeam with rigid tines. (Väderstad).

Feltforholdene

Tabell 9 gir en oversikt over hvordan feltforholdene varierte i de forsøksopplegg som gjaldt sloddeutformingene.

Tabell 9. Feltforholdene i forsøksoppleggene over ulike sloddeparametre. Variasjon mellom feltene.

Table 9. Soil parameters in experiments concerning different drag parameters. Variation between sites.

Slodde- parametre Drag para- meters	Leir- innh. Clay content	Aggregatfraksj. Aggregate fract.	Fuktig- het Mois- ture	Skjærfasthet Shearing strength	Overfl.- javnhet st. avvik. Surface roughness st.dev.	
	%	%	%	%	N/mm ²	mm
Kjøreret- ning og ant. planker Driving direction and num- ber of beams	23-45	21-48	20-41	13-25	$3,9^{-03}$ - $7,85^{-03}$	29-58
Skråstil- ling/opp- deling Oblique setting/ divided beams	25-32	35-61	31-50	13-25	$3,9^{-03}$ - $4,9^{-03}$	30-37
Planke- profiler Beam profiles	23-43	20-53	20-41	13-30	$3,9^{-03}$ - $9,81^{-03}$	34-50
Skrapere Scrapers	23-28	25-60	20-47	13-21	$3,9^{-03}$ - $7,8^{-03}$	38-58

Tabellen viser at feltforholdene har variert mye i forsøkene over antall planker, plankeprofiler og ulike skrapere. I forsøkene over skråstilling og oppdeling av plankene har variasjonene vært forholdsvis moderate.

Resultater

Findelingen

Kjøreretningen i forhold til pløyeretningen ble variert på felt med store forskjeller i feltforholdene, tabell 9. Det var et positivt utslag for kjøring tvers på kjøreretningen i alle forsøkene, men dette utslaget var ikke signifikant. Det gjennomsnittlige utslaget var dessuten veldig lite, bare ca. 2,5 % for fraksjonen <5,6 mm og 1,5 % for fraksjonen 0,5-5,6 mm. Skråstilling av plankene i forhold til kjøreretningen, og oppdeling og skråstilling av plankene, fig. 10, gav ikke sterkere findeling enn planker vinkelrett på kjøreretningen.

Bearbeidingen ble utført med noe ulike sloddeplankeprofiler alene og kombinert med hverandre. Som det framgår av fig. 11 har sloddeplankenes profiler vært meget forskjellige. De kan grovt grupperes i profiler utformet slik at jorda føres under eller over planken. I undersøkelsene inngikk sju understrømningsprofiler og to overstrømningsprofiler. I gjennomsnitt for forsøkene gav understrømningsprofilene over 10 prosent større andel av aggregatfraksjonen <5,6 mm og 0,5-5,6 mm enn overstrømningsprofilene. Antall planker varierte fra 1 til 3 og under- og overstrømningsprofiler er kombinert. Resultatene er vist i tabell 10.

Tabell 10. Findelingen (aggregatfraksjoner %) for ulike sloddeutgaver.

Table 10. Aggregate size distribution (aggregate fractions %) for different drag designs.

1 planke		1 planke		2 planker		3 planker		2 planker		3 planker	
Understr.	Overstrømm.	Understr.	Overstrømm.	1 overstrømm.	1 overstrømm.	1 overstrømm.	1 overstrømm.	Understr.	Understr.	Understr.	Understr.
1 beam	1 beam	1 beam	1 beam	1 understrømm.	2 understrømm.	2 understrømm.	3 beams	2 beams	3 beams	Understream	Understream
Understream.	Overstream.	Understream.	Overstream.	2 beam	3 beams	1 overstream.	1 overstream.	Understream	Understream	Understream	Understream
Aggr. mm	Aggr. mm	Aggr. mm	Aggr. mm	Aggr. mm	Aggr. mm	Aggr. mm	Aggr. mm	Aggr. mm	Aggr. mm	Aggr. mm	Aggr. mm
<5,6	0,5-5,6	<5,6	0,5-5,6	<5,6	0,5-5,6	<5,6	0,5-5,6	<5,6	0,5-5,6	<5,6	0,5-5,6
56,6	43,8	43,7	34,8	56,4	44 0	60,3	45,4	56,4	44,4	56,6	44,2

Tabellen viser at understrømningsplanke gav bedre findeling enn overstrømningsplanke. Mellom de øvrige plankeprofilene kunne det ikke påvises forskjeller. Flere planker etter hverandre gav ikke større findeling enn en understrømningsplanke alene.

Skrapere under plankene, fig. 12, hadde til formål å løsne jorda til en viss dybde i hele arbeidsbredden. De ulike skraperdimensjonene viste seg å ha betydning for findelingen. Findelingen var avhengig av både lengden, høyden og vinkelen i forhold til kjøreretningen, tabell 11. For skrapere-

høgden 60 mm var fordelingen jevn god for begge lengdene og begge vinklene i forhold til kjøreretningen. Ved 90 mm skrapershøgde gav den minste lengden og vinkelen best findeling ($P < 0,01$).

Tabell 11. Findelingen (aggregatfraksjoner %) for ulike skrapere fordelt på to planker.

Table 11. Aggregate size distribution (aggregate fractions %) for different scrapers arranged on two beams.

Skraper- høgde Height of scrapers mm	Skraperlengde Length of scrapers				Skrapervinkel Angle of scrapers			
	150 mm		250 mm		25°		40°	
	Aggr. mm <5,6	Aggr. mm 0,5-5,6	Aggr. mm <5,6	Aggr. mm 0,5-5,6	Aggr. mm <5,6	Aggr. mm 0,5-5,6	Aggr. mm <5,6	Aggr. mm 0,5-5,6
60	71,5	50,6	68,7	48,8	72,4	50,2	67,8	49,1
90	71,0	50,5	59,1	42,8	67,6	48,4	62,5	44,9

Virkingen av skrapershøgden ble ytterligere undersøkt med skrapere som var 90 og 200 mm høye, 250 mm lange og som hadde vinkelen 25° med kjøreretningen. Tabell 12 viser resultatene.

Tabell 12. Findelingen (aggregatfraksjoner %) for ulike høyder på skraperne.

Table 12. Aggregate size distribution (aggregate fractions %) for different heights of scrapers.

Skrapershøgde Heights of scrapers mm	En planke One beam		To planker Two beams	
	Aggr. mm		Aggr. mm	
	<5,6	0,5-5,6	<5,6	0,5-5,6
90	55,9	41,5	54,2	39,7
200	53,8	38,5	49,2	35,1

Tabellen viser at 90 mm høye skrapere gav sterkest findeling både for en og to planker ($P < 0,05$). I ett forsøk gav økende mellomrom 0, 40 og 80 mm mellom skraperdragene avtagende findeling ($P < 0,01$), og i et annet forsøk hadde mellomrommet 0, 50 og 100 mm ikke påviselig virkning på findelingen, men økende mellomrom bidrog likevel til dårligere findeling. Det er derfor rimelig å anta at store mellomrom mellom skraperdragene gir dårligere findeling.

I sammenlikningen mellom understrømningsplanker med skrapere og stive tinder ble virkingen av mellomrommet mellom bearbeidingsdragene ytterligere undersøkt. Slodden med stive tinder, fig. 13, var av typen Våderstad og slodden med skrapere var sloddedelen på Kvernelands slodd-

harv. På Väderstadslodden var mellomrommet mellom tindedragene ca. 90 mm og på Kvernelandsslodden ca. 40 mm. Skraperne gav litt bedre findeling enn tindene ($P < 0,05$), tabell 13.

Tabell 13. Findelingen (aggregatfraksjoner %) for sloddeplanker med skrapere og stive tinder.

Table 13. Aggregate size distribution (aggregate fractions %) for drag beams with scrapers and rigid tines.

Verktøy Tool	Mellomrom skraperdrag Spacing of scraper tracks mm	Aggr. mm	
		<5,6	0,5-5,6
Understrømm.pl. m/skrapere Understreaming beam w/scrapers	40	61,3	49,9
Understrømm.pl. m/stive tinder Understreaming beam w/rigid tines	90	56,3	46,5

En rimelig konklusjon på utslagene i tabell 13 er at skrapere gir sterkere findeling i mellomrommene mellom verktøydragene enn tinder. Skraperne findeler i mellomrom på opptil 100 mm meget godt, mens tinder gir dårlig findeling i mellomrom på 90 mm.

Når understrømmingsplankene ble plassert bak en overstrømmingsplanke eller også bak tinder som løsnet jorda i en dybde på 40-60 mm, kunne det ikke påvises noen forskjeller mellom planker med og uten skrapere. Findelingen for slike utforminger ble den samme som når understrømmingsplanker alene løsnet jorda med skrapere. Skrapere kan derfor ikke gi nevneverdig findeling på løsnet jord.

Sammenlikning av slodder som veide fra 120 til 360 kg/m arbeidsbredde viste at vekten ikke gav signifikant utslag for findelingen. Tendensen var imidlertid at findelingen avtok med økende vekt på slodden.

Bearbeidingen en og to ganger ble utført med sju ulike slodder. To bearbeidinger gav sterkere findeling enn en bearbeiding ($P < 0,01$). Økingen i findelingen var imidlertid moderat, tabell 14.

Tabell 14. Findelingen (aggregatfraksjoner %) for en og to bearbeidinger.
 Table 14. Aggregate size distribution (aggregate fractions %) for one and two passes.

Antall bearbeidinger Number of passes	Aggr. mm	
	<5,6	0,5-5,6
En bearbeiding One pass	64,8	52,7
To bearbeidinger Two passes	70,7	54,7

Disse sammenlikningene ble i alt gjennomført på 5 ulike felt. Mellom feltene og antall bearbeidinger kunne ikke påvises noe samspill. Etter en slodding gav slodden med ribbetromler bedre findeling enn slodder uten. Etter to sloddinger var disse forskjellene utvisket. Annen gangs bearbeiding ble gjort både vinkelrett og parallelt med første bearbeiding. Kjøremønsteret hadde imidlertid ikke betydning for findelingen. Bearbeidingsdybden varierte fra 20 til 70 mm. Den hadde ingen virkning på findelingen.

Bearbeidingsdybde og jammhet på bearbeidingsbunn og overflate

Den bearbeidingsdybde som oppnås blir besørget av plankeprofilen på overstrømningsplaner og av skrapere under planken på understrømningsplaner. Understrømningsplanke uten skrapere gir ikke tilfredsstillende bearbeidingsdybde. Den vil riktignok løsne jorda der det er løst, men der det er hardt vil den bare skli oppå overflaten. Mulighetene for å oppnå en bearbeidingsdybde på 40-60 mm var for slodder med understrømningsplanke avhengig av sloddenes vekt og høyden på skraperne. På jord med moderat fasthet ble denne dybden oppnådd ved en sloddevekt på 210 - 330 kg/m arbeidsbredde og 90 mm høge skrapere. Med samme skrapershøyden gav lette slodder (ca. 120 kg/arbeidsbredde) bearbeidingsdybder rundt 30 mm. Med 200 mm høge skrapere måtte tunge slodder bæres av meier eller hjul for at bearbeidingsdybden skulle begrenses til det tilskitete nivået.

På tørr og relativt løs jord gav også 60 mm høge skrapere tilfredsstillende dybde. På litt fuktig jord gav imidlertid denne skrapershøyden for liten dybde, og 90 mm høge skrapere var nødvendig. Årsaken var at jorda klebet seg til planken i overgangen mellom planken og skraperne, slik at skrapernes bearbeidingsdybde ble redusert, fig. 14. Jo fuktigere jorda er, desto større blir dette jordvedhenget. Fuktighetsvariasjonene i jorda kan således være årsak til dybdevariasjoner på feltet. På områder der jorda var noe fastere enn ellers, var en utsatt for at selv tunge slodder med 90 mm høge skrapere gav for liten bearbeidingsdybde. Ekstra belastning på hver planke med opp til 100 kg/m arbeidsbredde gav ikke større dybde. På et felt med høy fasthet gav planker med skrapere etter to bearbeidinger bare 30-35 mm bearbeidingsdybde. Flere områder hadde da svært liten bearbeidingsdybde.

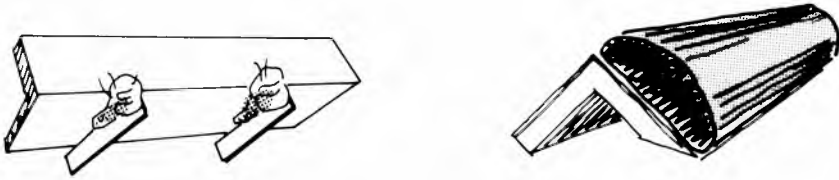


Fig. 14. Jordvedhenget på understrømnings- og overstrømningsplanker.
Adhered soil bodies on under- and overstreaming beams.

Overstrømningsplanke gav også bearbeidingsdybder i det aktuelle området uten spesielt bærestyr. Denne planketypen var mer følsom for fuktig jord enn understrømningsplanker med skrapere. Ved 32,8 % fuktighet i jorda gav overstrømningsplanke 31 mm og skrapere 37 mm dybde. Fuktig jord kleber seg til oversiden av denne planken slik at det blir et jordvedheng som vist på fig. 14. Dette jordvedhenget kan i enkelte tilfelle bli høyere enn selve planken. Planker med dette jordvedhenget gir ikke lengre noen søking, og bearbeidingsdybden må følgelig bli liten. Det viste seg også at denne planketypen var veldig følsom for fasthetsvariasjoner i jorda. Der jorda var noe fastere enn ellers ble det svært liten bearbeidingsdybde. Ekstra belastning med over 100 kg/m arbeidsbredde på planken gav heller ikke i dette tilfelle større dybde.

Bearbeidingsdybden ble spesielt undersøkt ved slodding av jamn og ujamn pløgsle. En fant ikke noe samspill mellom slodderedskapene og pløyeoverflaten. Det viste seg at den ujamne pløgsla tildels gav grunnere bearbeidingsdybde enn den jamne pløgsla. Dette er overraskende, fordi en ujamn pløgsle vil ha større fordypninger mellom fårene enn en jamn pløgsle. Forklaringen var at det ble laget ny bunn over fordypninger i pløyeoverflaten. Denne nye bunnen kunne ligge 40, 50 og opptil 60 mm høyere enn pløyeoverflaten i fordypningen. Denne forklaringen ble funnet ved at bolter ble satt ned i jorda, slik at hodene var i nivå med pløyeoverflaten. Boltens nivå ble målt fra et relativt langt relieffmeter, fig. 15.

Relieffmeteret ble svingt opp uten å forandre utgangsstilling i ene hjørnet og bearbeiding ble foretatt. Etter bearbeiding ble relieffmeteret svingt tilbake over kjøredraget i sin opprinnelige stilling, og nivået til bearbeidingsbunnen og boltene ble målt. Det viste seg at både understrømningsplanker med og uten skrapere og overstrømningsplanker kunne lage ny bunn over pløyeoverflaten. Jorda på disse feltene var relativt tørr, 14-20 % vanninnhold. Evnen til å lage ny bunn vil sannsynligvis tilta med jordfuktigheten.



Fig: 15. Relieffmeteret som kunne svinges opp og senkes tilbake i utgangsstillingen.

The reliefmeter which could be swung up and lowered to the starting position.

Bearbeidingsbunnen lages av skraperne eller tindene på understrømmingsplanke, og selve plankeprofilet på overstrømmingsplanke.

Understrømmingsplanke alene lager ikke bearbeidingsbunn med tilfredsstillende jamnhet. Av feltforholdene hadde bare pløyejamnheten betydning for jamnheten på bunnen. Dens virkning var i samsvar med det som er gjengitt for sloddebaserte redskaper, se tabell 7. Jamn pløyeoverflate bidro til jamn bearbeidingsbunn. Videre var det alltid slik at bunnen var jamnere i kjøreretningen enn på tvers av kjøreretningen. Mellom de ulike sloddeutgavene var det ikke forskjeller mellom understrømmingsplanke med skrapere og overstrømmingsplanke, se tabell 15. Forskjellene var i første rekke knyttet til alternativet tinder og skrapere. Sloddeutgaver med skrapere gav bedre jamnhet enn utgaver med tinder både etter en og to bearbeidinger, tabell 15. To kjøredrag parallelt eller vinkelrett på hverandre hadde ikke betydning for jamnheten på bearbeidingsbunnen.

Tabell 15. Jamnheten på bearbeidingsbunnen (standardavvik i mm) for ulike sloddeutgaver etter en og to bearbeidinger.

Table 15. Roughness of the tillage pan (standard deviation in mm) for different drag designs after one and two passes.

Ant. bearbeidinger Number of passes	Understr.pl. m/stive tinder Understream. beam w/rigid tines	Understr.pl. m/skrapere Understream. beam w/scrapers	Overstr.pl. Overstream. beam
En bearbeiding One pass	9,0	7,4	7,4
To bearbeidinger Two passes	8,9	6,3	5,8

Av de ulike parametre vedrørende skraperne var jamnheten på tvers av kjøreretningen avhengig av vinkelen med kjøreretningen og avstanden mellom skraperdragene, tabell 16. Skrapernes lengde og høyde hadde ingen betydning for jamnheten på bearbeidingsbunnen.

Tabell 16. Jamnheten på bearbeidingsbunnen (standardavvik i mm) for ulike mellomrom mellom skraperdragene og ulike skrapervinkler i forhold til kjøreretningen. Tvers av kjøreretningen.

Table 16. Roughness of the seedbed pan (standard deviation in mm) for different spacings between the tracks of the scrapers and different angles of the scrapers in relation to the driving direction. Across the driving direction.

Skrapervinkel Scraper angle		Mellomrom mellom skraperdragene Spacing between the tracks of the scrapers			
25°	40°	0 mm	50 mm	100 mm	200 mm
9,0	10,3	4,7	5,7	6,2	9,4

Skrapervinkelen 25° gav jammere bunn enn 40° ($P < 0,05$). Jamnheten på bearbeidingsbunnen avtok med økende mellomrom mellom skraperdragene. En øking av mellomrommet fra 0 til 100 mm hadde ikke påviselig virkning på bunnens jamnhet. Mellomrommet 200 mm gav imidlertid påviselig større standardavvik enn de andre mellomrommene ($P < 0,01$).

De øvrige forsøksfaktorene (kjøreretning i forhold til pløyeretning, ant. planker, skråstilling av plankene, tyngden) hadde ingen virkning på jamnheten. Igjen er det noe overraskende at det ikke er forskjeller på sloddeutgaver med en, to og tre planker, mens en og to bearbeidinger gir klare utslag.

Overflaten bør også være jåmnest mulig. De ulike forsøksfaktorene hadde liten og usikker virkning på denne jåmnheten. Det som i første rekke hadde betydning var sloddeutformingene. Tabell 17 viser resultatene for ulike sloddeutformingene.

Tabell 17. Overflatejåmnheten (standardavvik i mm) for ulike sloddeutformingene.

Table 17. Roughness of the seedbed surface (standard deviation in mm) for different drag designs.

1 planke Under- strømm.	1 planke Over- strømm.	2 planker 1 over- strømm. 1 under- strømm.	2 planker Under- strømm.	3 planker 1 over- strømm. 2 under- strømm.	2 planker Under- strømm.	Bakerste planke m/ u/ skraper	planke u/ skraper
1 beam. Under- stream.	1 beam. Over- stream.	2 beams 1 over- stream. 1 under- stream.	2 beams Under- stream.	3 beams 1 over- stream. 2 under- stream.	2 beams Under- stream.	Rearmost beam w/ scraper	beam w.o./ scraper
16,5	17,9	19,6	18,3	14,6	15,9	17,8	14,7

I gjennomsnitt var understrømningsprofiler litt bedre enn overstrømningsprofiler. Virkningen av to og tre planker etter hverandre varierte fra forsøk til forsøk, men i gjennomsnitt gav ikke to og tre planker bedre jåmning enn en understrømningsplanke alene.

Tabellen viser at skrapere på bakerste planke har gitt noe dårligere overflatejåmnheten enn planker uten skrapere. Årsaken er at skrapere kan lage en noe bølget overflate på tvers av kjøreretningen. Dette blir mer markert desto fuktigere det er, desto lavere hastigheten er og desto lengre skraperne er.

Skråstilling og oppdeling av plankene hadde ikke noen betydning for overflatejåmnheten langs kjøreretningen. På tvers av kjøreretningen gav imidlertid oppdelingen og den sterkeste skråstilling med sammenhengende planke dårlig jåmnheten.

To bearbeidinger gav jåmnere overflate enn en bearbeiding ($P < 0,01$). I gjennomsnitt ble standardavviket redusert fra ca. 10 til ca 8 mm. Dessuten reduserte to bearbeidinger forskjellene mellom de ulike sloddeutformingene. Annen gangs kjøring vinkelrett på eller parallelt med første gangs kjøring hadde ikke noen betydning for jåmnheten.

Virkningen av jåmn og ujåmn pløgsle ble undersøkt ved at en jåmn og en ujåmn pløgsle ble bearbeidet. Jåmnheten etter bearbeiding ble gitt karakterer fra 0 til 10. Karakteren 10 representerte den beste jåmnheten. Etter bearbeiding gav den jåmne pløgsla en overflatejåmnheten som tilsvarte karakteren 7,3 og den ujåmne pløgsla gav en jåmnheten som tilsvarte karakteren 6,2.

De øvrige forsøksfaktorer (kjøring i forhold til pløyeretning, ulike skrapere, ulik tyngde) hadde ikke virkning på overflatejammheten.

Praktiske observasjoner

Jordforholdene varierte noe fra felt til felt, og det var tydelig at de hadde stor betydning for sloddeplankenes arbeidsevne. Var jorda løs ville plankene lett skyve opp og dra med seg mye jord. Planterester i jorda forårsaket også lett mye jordtransport.

For at jordtransporten skal være innenfor rimelighetens grenser, bør sloddeplankene virke direkte på den faste jorda som ligger i pløgsla, fordi denne jorda ikke så lett lar seg skyve opp foran planken. Dersom redskapet har to eller tre sloddeplanker, bør de bakre sloddeplankene stilles slik at de drar med seg relativt lite jord. Fuktige jordpartier eller planterester i jorda kan lett føre til at disse plankene får betydelige jordmengder foran seg. For å unngå at sloddeplankene skal dra med seg for mye jord kan det være aktuelt med bæreutstyr bak på sloddene. Dette er særlig aktuelt for slodder med tre planker.

Diskusjon

De ulike sloddeparametre er undersøkt på en rekke ulike felt. Virkningen av feltforholdene på overflatejammheten er ikke behandlet under kapitlet om slodde- og harvebaserte redskaper. Observasjonsmaterialet var for spinkelt til at det kunne foretas en forsvarlig analyse for disse redskapsgrupper. Det foreliggende materialet angående sloddenes virkning på overflaten viste at det ikke var noe samspill mellom feltvariablene og sloddetypene. Heller ikke for de andre bearbeidingsmålene var det noe samspill mellom sloddeutformingen og feltforholdene. Sammenlikningen mellom slodder og sloddeverktøy kan følgelig gjøres uavhengig av feltforholdene.

I tabell 18 er det angitt hvilke av de undersøkte forsøksfaktorene som hadde virkning på bearbeidingsresultatet.

Tabell 18. Forsøksfaktorer som hadde signifikant virkning (*) og ikke virkning (-) på bearbeidingsmålene.

Table 18. Experimental factors which had significant influence (*) and no influence (-) on the tillage objectives.

	Forsøksfaktorer Experimental factors							
	a	b	c	d	e	f 1)	g	h
Bearbeidings- resultat Tilling result	Kjøreretrn. i forhold til pøyeretrn. Driving direction to plough- ing direction	Skråstil- ling av plankene Oblique setting of the beams	Ant. plank- er Number of beams	Ulike planke- filer Diff. beams profi- les	Ulike skrap- ere Diff. scrap ers	Med og uten skrap- er With and with- out scrap- ers	Vekt/m Weight/m	Ant. slodd- inger Number of passes
Findeling Pulveri- zation	-	-	-	*	*	-	(*)	*
Bearb.- dybde Tillage depth	-	-	-	-	*	*	*	-
Jamnhet på bearb.- bunnen Roughness of pan	-	-	-	-	*	*	-	*
Jamnhet på overflaten Roughness of surface	-	*	-	*	-	*	-	*

1) Sammenlikningen ble utført på jord som var løsnet.

The comparison was made on loosened soil.

(*) Tendens Tendency

Det framgår av tabell 18 at kjøreretningen i forhold til pøyeretningen ikke hadde noen betydning. Den virkning som skråstilling av plankene gav, gjaldt bare overflatejamnheten. Virkningen bestod i at skråstillinger la igjen en rygg med jord langs kjøredraget. Dette bidrog selvfølgelig til mer ujamn

overflate. Ut fra disse resultatene kan det anbefales å kjøre langs pløyeretningen, og sloddeplankene bør som naturlig er være vinkelrette på kjøreretningen.

Antall planker i slodden, fra 1-3, hadde ikke virkning på noen av bearbeidingsmålene. Dette er overraskende fordi to bearbeidinger i stedet for en har gitt klare utslag. Det er ikke mulig å gi noen forklaring på hvorfor det i disse forsøkene ikke er utslag for antall planker i slodden, mens det er utslag for antall bearbeidinger. Tidsforskjellen mellom bearbeidingene var bare fra en til noen få timer. Muligens kan utslaget ha sammenheng med denne tidsforskjellen, kanskje også feltforholdene og kanskje også det forhold at plankene i redskapene var stivt forbundet med hverandre.

Av de ulike plankeprofilene har understrømningsplanker med skrapere vært fordelaktige for alle de fire oppgitte bearbeidingsmålene. For å oppnå så gunstig bearbeiding som mulig bør skraperne ha en høyde på ca. 90 mm, danne en vinkel på ca. 25° med kjøreretningen og ikke være særlig over 150 mm lange. Avstanden mellom skraperdraene bør ikke overstige 100 mm.

Forklaringen på at understrømningsplanke med slike skrapere gav et relativt godt bearbeidingsresultat kan for findelingens vedkommende skyldes at denne skrapearhøyden fortsatt gir planken relativt stor klemvirkning mot bearbeidingsbunnen. Overstrømningsplanker gir ikke denne klemvirkningen. De bare løsner opp jorda. For understrømningsplanker foreligger videre en virkning som både skyldes bredden på skrapeerdragerne og avstanden mellom disse dragene. Ifølge McCREERY (1960) og også ifølge disse undersøkelserne avtok findelingen med økende bredde på skrapeerdraget. Disse undersøkelser viser at dragene ikke bør være bredere enn det som tilsvarer 25° vinkel og 150 mm lengde på skraperne. Mindre bredde ville gitt sterkere findeling i selve draget. Imidlertid er det uklart hvordan dette ville ha virket på den findeling skraperne gir på mellomrommet mellom dragene. Sannsynligvis ville denne findelingsvirkningen blitt dårligere. Av hensyn til den totale findelingen er det derfor ikke gitt at smalere skrapeerdrag vil gi bedre findeling.

Tilstrekkelig bearbeidingsdybde krever verktøy som bryter opp jorda. Overstrømningsplanker får et jordvedheng som medfører at de får liten evne til dette. Understrømningsplanker med skrapere eller tinder har relativt god oppbrytingsevne. Jamn bearbeidingsbunn oppnås ved overstrømningsplanke og understrømningsplanke med skrapere. På understrømningsplanker er det fordelaktig om skraperne danner vinkelen 25° med kjøreretningen. Dette utslaget kan både ha sammenheng med skrapernes evne til å lage ny bunn og med deres evne til å bryte opp jorda mellom skrapeerdragene. I dette tilfelle vites ikke hvordan en ytterligere redusert vinkel vil virke på jamnheten i selve draget. For jamnheten mellom dragene vil mindre vinkel sannsynligvis være ugunstig. Skrapere med en vinkel på 25° og en lengde som innebærer at mellomrommet mellom skrapeerdragene blir mindre enn 100 mm, er derfor sannsynligvis et gunstig alternativ.

Den svakhet understrømningsplanken med skrapere har, er knyttet til den findeling og bearbeidingsdybde de gir på hard og tung jord. Som tidligere nevnt avtar findelingen med jordas skjørfasthet. Skraperne vil ha vanskelig

for å trenge tilstrekkelig ned i hard jord og bearbeidingsdybden blir grunn. Flekker på jorda kan praktisk talt bli uten bearbeidingsdybde. Økt belastning kunne tenkes å forbedre både findelingen og nedtrengingsevnen på slik jord. Imidlertid gav tilleggsbelastninger på slodden med inntil 100 kg/m arbeidsbredde og planke ikke positive utslag verken for findelingen eller bearbeidingsdybden. Tilfredsstillende bearbeiding av slik jord er det følgelig vanskelig å oppnå med en bearbeiding. To eller flere bearbeidinger må til.

HARVER OG HARVEVERKTØY

Tidligere undersøkelser

Harveverktøyer omfatter i denne sammenheng tinder og ribbetromler. Tidligere undersøkelser over tindenes virkning har hatt vidt forskjellig formål, og gir tilsammen relativt bred informasjon over den virkning ulike tindeparametre har. Ribbetromlens virkning er imidlertid svært lite undersøkt.

Findelingen er undersøkt for stive og fjærende tinder, ulike tindebredder, ulike tindeskjærvinkler (fig 3), ulike kjørehastigheter og for flere påfølgende bearbeidinger. MØLLER (1959) sammenliknet fjærende og stive tinder og fant at fjærende tinder gav litt bedre findeling enn stive tinder. STEINKAMPF & ZACH (1974) fant også at fjærende tinder gav litt bedre findeling enn stive tinder. De antydte at denne forskjellen sannsynligvis skyldtes at de fjærende tindene vibrerer og dermed får større hastighet i jorda enn stive tinder.

Virkningen av ulike tindebredder inngikk også i undersøkelsen til MØLLER (1959). Tindene hadde spisser med 32 og 40 mm bredde og gåsefotskjær 200 og 300 mm brede. Disse forskjellene hadde ingen entydig virkning på findelingen.

Ulike tindeskjærvinkler inngikk i en undersøkelse av HENRIKSSON (1979). Fra praksis er oppfatningen ofte den at liten skjærvinkel gir mye klump i såbedet. HENRIKSSON fant imidlertid at stor skjærvinkel bare gav ubetydelig bedre findeling enn liten skjærvinkel.

REICH (1977) og STEINKAMPF & ZACH (1974) fant at findelingen for en harv økte svakt med kjørehastigheten. THEISSIG (1975) fant at økt kjørehastighet ikke gav sterkere findeling. Dette gjaldt en harv med 10 cm arbeidsdybde. På bakgrunn av disse undersøkelsene er det åpenbart ikke noen sterk sammenheng mellom kjørehastigheten og tindenes evne til å findele. På den annen side vet vi at kraftuttaksdrevne redskaper, som f.eks. fresere og rotorharver gir sterk findeling bare turtallet er høgt nok. En undersøkelse av WILTON (1964) har også påvist at en tindes evne til å findele klumper er avhengig av tindehastigheten, men hastighetsforskjellene må være meget store. De hastighetsnivåer og hastighetsforskjeller som gjelder kjørehastigheten og den naturlige tindevibrasjonen er alt for små til at de kan ha nevneverdig virkning på findelingen.

Fra praksis er det velkjent at flere harvinger gir sterkere findeling. Dette er også bekreftet ved en rekke forsøk. I de referansene som er knyttet til disse undersøkelsene er dette utslaget påvist både av HENRIKSSON (1974) og THEISSIG (1975).

Undersøkelser av WINKELBLECH & JOHNSEN (1964), THEISSIG (1975) og KOUWENHOVEN & TEPSTRA (1979) har vist at tindebearbeidingen sorterer aggregatene ved at store partikler føres opp mot overflaten, mens små partikler føres mot bunnen. WINKELBLECH & JOHNSEN fant at to bearbeidinger økte sorteringen ytterligere, men at den andre bearbeidingen gav mindre utslag enn den første. Mellom tinder med smale spisser og gåsefot-skjær, skåler og piggvalse, fant de bare små og ikke-signifikante forskjeller. THEISSIG fant at rette eller foroverbøyde tinder hadde god evne til å føre store aggregater mot overflaten. KOUWENHOVEN & TEPSTRA har i detalj redegjort for hvilke faktorer som er viktige for tindenes sorteringsevne. Generelt medfører all tindebearbeiding at store, lange, røe og lette partikler føres opp mot overflaten, og at små, runde, glatte og tunge partikler føres mot bunnen. Forskjeller i partiklens størrelse har større betydning for sorteringsprosessen enn form og overflateruhet. Store partikler føres til overflaten selv om de er tunge, f.eks. stein. Når de store partiklene er mer enn dobbelt så store som de små partiklene, så vil de små partiklene siktes ned gjennom åpningene mellom de store partiklene, og den minste fraksjonen vil bli raskt og sterkt utsortert. I jord vil de store partiklene være vesentlig mer enn dobbelt så store som de små, og de minste partiklene vil bli utsortert meget raskt. Fuktig jord hemmer utsorteringen. Utsorteringen er videre avhengig av den avstand partiklene blir forflyttet og den bevegelse jordmassen utsettes for. Stor tindebredde, liten skjærvinkel og liten kjørehastighet gir stor forflytning og stor bevegelse i jordmassen og av den grunn rask sortering. Graden av sortering øker videre med antall bearbeidinger, men økningen i sorteringsgrad vil avta for hver bearbeiding inntil det har oppstått en likevektstilstand. Under tørre forhold kan 2-3 harvinger sortere ned de små aggregatene slik at likevektstilstanden inntreffer.

Tindene må lage jamn bearbeidingsbunn både på tvers og langs av kjøreretningen. Hver tinde lager et spor, og bryter samtidig opp jorda til siden for seg. HUHTAPALO (1978) fant at tindene måtte ha en bredde på 20 mm eller mer for at de i det hele tatt skulle bryte opp jorda til siden for seg. Ryggen mellom disse sporene vil avta etter hvert som tindene nærmer seg hverandre (SPOOR & GODWIN, 1979), fig. 16. WILLAT (1965) fant at denne ryggen som oftest ville forsvinne når mellomrommet mellom tindedragene var 70 mm, men at den kunne opprettholdes helt ned til et mellomrom på 30 mm. HENRIKSSON (1979) oppgir senteravstanden mellom tindedragene i stedet for mellomrommet. Han fant at ujamnheten på bunnen avtok med avtagende senteravstand ned til en avstand på 70 mm. Kortere senteravstand gav ikke jamnere bunn. Senteravstand på 70 mm tilsvarer et mellomrom på 30-40 mm. Hans resultat er følgelig helt i samsvar med resultatet til WILLAT (1965). MØLLER (1959) fant at gåsefot-skjær gav meget jamn bunn når dragene etter skjærene tangerte eller overlappet hverandre. HENRIKSSON (1977) undersøkte jamnheten i kjøreretningen for ulike harvetyper. Han fant at S-tindeharver gav noe jamnere bunn enn C-tindeharver. I en undersøkelse av OLSSON (1975) som også omfattet en stivtindsharv, kunne det ikke påvises forskjeller i jamnheten for stivtindene og S-tindene.

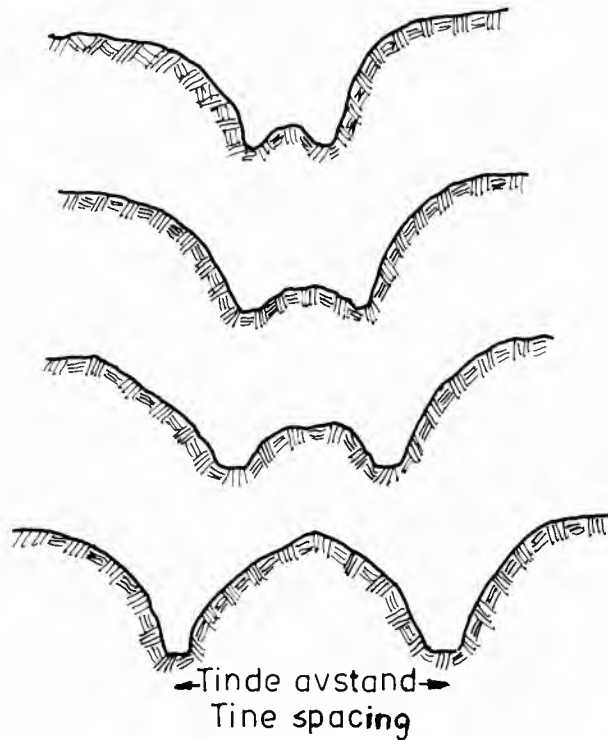


Fig. 16. Den ubearbeida ryggen mellom tindene ved ulike tindeavstander (SPOOR & GODWIN 1979).

Cross-section of soil disturbance produced at different tine spacings (SPOOR & GODWIN 1979).

Ribbetromler var det andre harveverktøyet som var med i disse undersøkelsene. Av norske og svenske prøvemeldinger framgår det at dette verktøyet sletter overflaten, og dessuten knuser skjøre klumper. I en tysk undersøkelse, (SOMMER & ZACH 1971), ble virkningen på findeling og bearbeidingsbunn undersøkt. Findelingen økte med belastningen og kjørehastigheten. Tannete ribber gav noe sterkere findeling enn rundtjern. Virkningen på bearbeidingsbunnen ble undersøkt etter harving med stor avstand mellom tindene. Ryggene med ubearbeidet jord mellom tindesporene gikk praktisk talt opp til jordoverflaten. På disse forholdene reduserte ribbetromlene ryggene mellom tindesporene, og de tannete ribbene bearbeidet ryggene dypere enn rundtjernene.

Forsøksopplegg

I forsøkene med ulike harver og tindetyper ble virkningen av følgende forsøksfaktorer undersøkt:

- a) Ulike harvetyper (Doublet Record, Kultisvans og JF) fig. 17. Alle harvene hadde fremst en liten sloddeplanke. Forskjellen mellom harvene bestod i at de hadde ulike tindetyper. Doublet Record-harva hadde kortere mellomrom mellom tindedragene, smalere tindespisser, flere tinder pr. m arbeidsbredde og stivere tinder enn de andre harvene. Mellomrommet mellom tindedragene på Doublet Record-harva var 50 mm, mens den var 60 mm på de andre harvene. Spissbredden på Doublet Record-tindene var 20 mm, mens den var 40 mm på de andre tindene. Pr. m arbeidsbredde var det på Doublet Record-harva 13,5 tinder og 10 på de andre harvene.
- b) C-tinder, S-tinde og stivtinde i ulike vinkelinnstillinger, fig. 18.
- c) Smale 40 mm brede tindespisser og 200 mm brede gåsefotskjær, fig. 19.
- d) Mellomrommet 10 og 70 mm mellom tindedragene, fig. 20.
- e) Bearbeidingsdybden 40 og 60 mm.

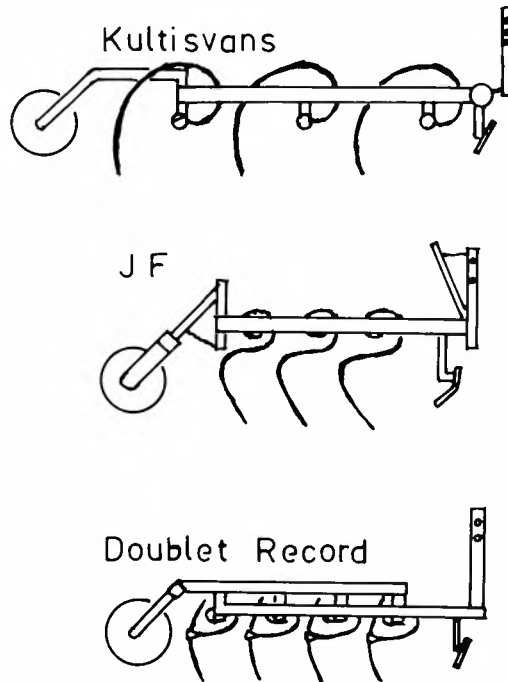


Fig. 17. De tre ulike harvetyper.
The three different types of harrow.

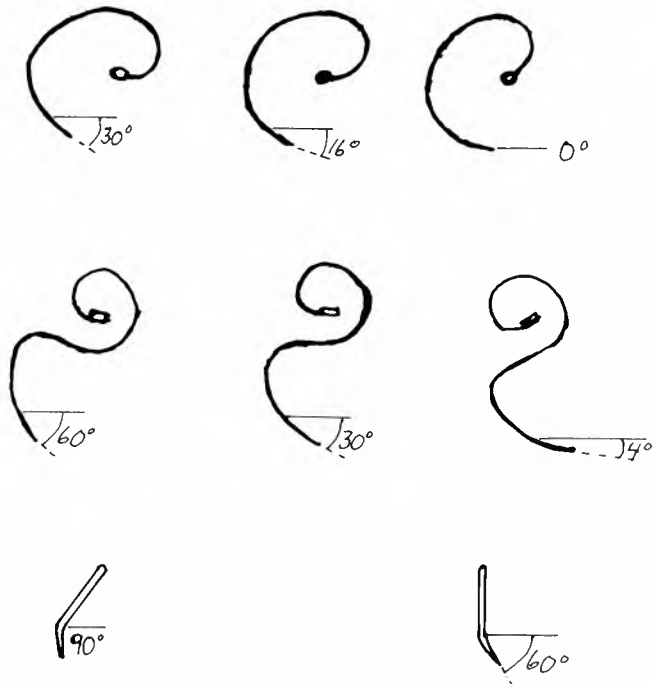


Fig. 18. Variasjonsområdet for tindenes skjærvinkler.
The range of rake angles of the tines.



Fig. 19. Smale, 40 mm brede spisser, 200 mm brede gåsefotskjær og doble spisser.
Narrow shares, 40 mm wide, broad shares, 200 mm wide, and double shares.

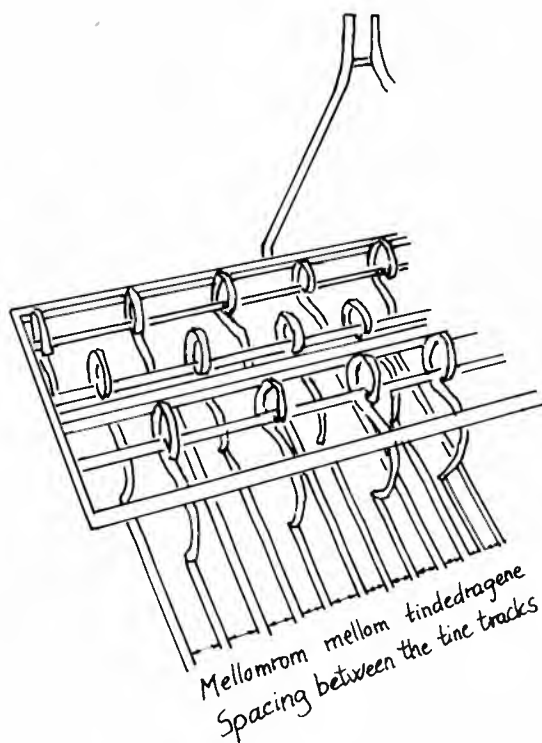


Fig. 20. Mellomrommet mellom tindedragene.
Spacing between the tine tracks.

Sammenlikningene mellom de ulike harvetyperne i punkt a ble gjort for en og to bearbeidinger. Tindene gikk vesentlig dypere enn harvenes sloddeplanke. Harvetyperne Doublet Record og Kultisvans hadde de tindene som var mest forskjellige. JF-tinden representerer på mange måter en mellomting mellom disse ytterlighetene. Sammenlikningene i punkt b, c og d gjaldt tinder som både virket mot urørt og sloddet jord. Sammenlikningene ble gjort for bare en bearbeiding.

Forsøkene med ribbetrommel alene omfattet følgende forsøksfaktorer:

- f) Ulike ribbeprofiler (rundtjern, liggende og kantstilt flatjern, tannet kantstilt flatjern) fig, 21.
- g) 1-3 tromler etter hverandre.
- h) Ulik belastning pr. trommelgruppe (40, 80, 180 og 280 kg).
- i) Ulike ribbetrommeldiametre (30, 45 og 60 cm).

j) Med og uten tett trommel innenfor profilene, fig. 22.

Disse forsøkene med ribbetromler omfattet to forsøk, og sammenlikningene ble gjort for bare en bearbeiding. Sammenlikningene i punkt j gjaldt vanlig åpne ribbetromler og ribbetromler som 35-40 mm innenfor profilene hadde en innertrommel, se fig. 22.

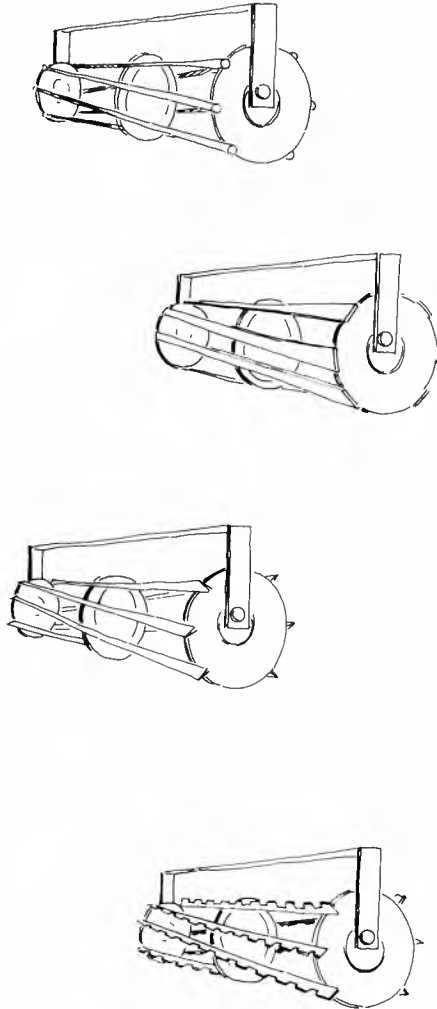


Fig. 21. Ribbetromler med ulike profiler.

a) Rundtjern, b) Liggende flatjern, c) Kantstilt flatjern, d) Tannet, kantstilt flatjern.

Crumblers with different profiles.

a) Round bars, b) Flat bars with the flat side down,

c) Flat bars on edge, d) Tooth-shaped flat bars on edge.

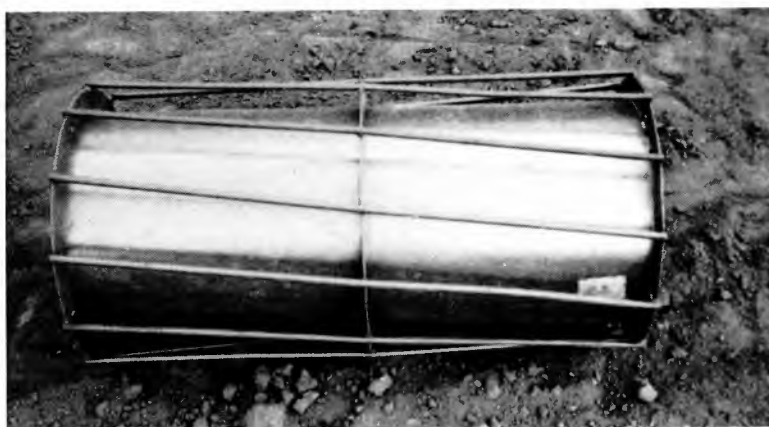


Fig. 22. Ribbetrommel med innertrommel.
Crumbler with inner drum.

Feltforholdene

Tabell 19 gir en oversikt over feltforholdene.

Tabell 19. Feltforholdene i ulike harveforsøk

Table 19. Soil properties in different harrowing experiments.

Forsøks- opplegg Experiments	Leir- innhold Clay content	Aggregatfraksjoner Aggregate fractions		Fuktig- het Mois- ture	Skjør- fasthet Shearing strength	Overfl. jamnhet, st.avvik Surface roughness st.dev. mm
	%	<5,6 mm %	0,5-5,6 mm %	%	N/mm ²	
a) Harver Harrows	30-45	23-64	20-52	20-27	2^{-3} - $9,8^{-3}$	22-40
b, d og e) Tinder Tines	29	45-80	40-60	10-25	$2,9^{-3}$ - $9,8^{-3}$	10-20
c) Tinde- Tine- shares	0-35	10-95	10-40	20-30	$3,9^{-3}$ - $0,013$	20-50
f-j) Ribbe- tromler Crum- blers	20-30	30-57 ¹⁾	25-44 ¹⁾	6-26	$9,8^{-4}$	22

1) Aggregatandelen i toppsjiktet; 0-20 mm. Aggregate portion in the top layer: 0-20 mm.

Forsøkene med ribbetrommel ble lagt på felt som var temmelig like. Før bearbeiding ble de harvet til ca. 100 mm dybde. Jordklumpene var relativt skjøre. Jæmnheten på overflaten var bølgete og jordas skjærfasthet liten på begge feltene.

Resultater

Findelingen

I forhold til jordas naturlige findeling før bearbeiding gav en harving en viss findeling. I gjennomsnitt økte andelen aggregater <5,6 mm med ca. 10 % og andelen 0,5-5,6 mm litt mindre. De tre ulike harvene gav omtrent samme findeling. To bearbeidinger med disse harvene gav ytterligere ca. 10 % mer av aggregatfraksjonen <5,6 mm, tabell 20.

Tabell 20. Findelingen (aggregatfraksjoner %) for tre ulike harvetyper.
Table 20. Aggregate size distribution (aggregate fractions %) for three different harrows.

Antall bearb. Number of passes	Kultisvans		JF		Doublet Record	
	C-tinde	C-tine	S-tinde	S-tine	S-tinde	S-tine
	<5,6 mm	0,5-5,6 mm	<5,6 mm	0,5-5,6 mm	<5,6 mm	0,5-5,6 mm
1	43,0	38,2	44,3	37,9	46,5	40,7
2	53,3	40,7	57,0	44,3	60,4	49,5

Tabellen viser at Doublet Record-harva gav sterkere findelingsutslag for to bearbeidinger enn Kultisvansen ($P < 0,05$). Det er vanskelig å forklare dette utslaget. Den kunnskap som foreligger om tinder tilsier ikke at kort tindeavstand eller smale og stive tinder skal være spesielt gunstige på løsnet jord. Det er heller ikke rimelig at utslaget skyldes sloddeplankene eller ribbetromlene. Feltforholdene er heller ingen rimelig forklaring fordi utslaget var til stede i alle forsøkene. Undersøkelsene over tinder alene viste at disse ikke gav noen forbedring av findelingen i forhold til jordas naturlige findeling før bearbeiding. Den findeling harvene gav, må derfor i stor grad skyldes den sloddeplanken de hadde. Tindene hadde ulike vinkelinnstillinger og spissbredder og var plassert med ulike mellomrom mellom tindedragene. Disse tiltakene hadde imidlertid ingen påviselig virkning på findelingen. Imidlertid ble det observert at gåsefotskjær kunne velte opp brede og tykke klumper. Ut fra disse observasjonene var derfor de smale spissene fordelaktige.

Findelingsresultatet var utelukkende knyttet til jordparametre og ikke tindeparametre. De parametrene som hadde signifikant virkning på findelingen var de samme som for harvebaserte redskaper, dvs. findelingen og/eller skjærfastheten før bearbeiding, jæmnheten på overflaten og sandinnholdet i jorda, tabell 5. Virkningen av bearbeidingsdybden ble spesielt

undersøkt, men virkningen på findelingen var liten og usikker. Ved bearbeiding av sloddet jord var derimot differansen mellom tindenes og sloddenes bearbeidingsdybde avgjørende for findelingen ($P < 0,01$), tabell 21.

Tabell 21. Findelingen (aggregatfraksjoner %) for ulike forskjeller mellom harvene og sloddenes bearbeidingsdybde.

Table 21. Aggregate size distribution (aggregate fractions %) for various differences in the tillage depth between harrows and drags.

Sloddet jord Dragged soil	Sloddet og harvet jord. Dragged and harrowed soil.		
	D = Harvedybde - sloddedybde D = Harrow. depth - dragg. depth		
Aggr. < 5,6 mm	D=30 mm Aggr. < 5,6 mm	D=45 mm Aggr. < 5,6 mm	D=60 mm Aggr. < 5,6 mm
56,5	57,0	61,6	58,7
66,1	64,3	85,8	58,4
82,9	75,0	73,6	67,6

Tabellen viser at virkningen av denne differansen var sterkt avhengig av findelingen før bearbeidingen. Differansen i bearbeidingsdybde gav størst utslag på det feltet som hadde sterkest findeling etter sloddingen. Dette kommer av at tindene bryter opp jorda i bearbeidingsbunnen med dårligere findeling enn det som var etablert ved sloddingen. Desto dypere tindene bearbeider, jo dårligere blir selvsagt den gjennomsnittlige findeling i sjiktet.

Ut fra de refererte litteraturundersøkelsene vedrørende sorteringsvirkningen var det å vente at tindebearbeiding til omtrent den samme dybde som var etablert ved sloddingen ville resultere i økt sortering med mer klump i det øvre sjiktet og mer finmateriale i det nedre. Dette utslaget var imidlertid meget lite. Findelingen ble bare litt dårligere i det øvre sjiktet. I det nedre sjiktet ble ikke findelingen nevneverdig bedre. Noe nedsortering av små aggregater må ha forekommet, men samtidig har nok tindene vært nede i bunnen og revet klump opp i sjiktet. For øvrig viste det seg at dypere bearbeiding gav dårligere findeling både i det øvre og nede i dybdesjiktet.

Ribbetromler bearbeider ved at profilet trenger seg ned i bearbeidings-sjiktet, fig. 23. Desto lengre ned i sjiktet profilet trenger jo sterkere må virkningen forventes å bli. I våre to forsøk forbedret ribbetromlene findelingen. Aggregatfraksjonen < 5,6 og 0,5-5,6 mm økte med ca 5 % og aggregatfraksjonen større enn 19 mm ble redusert med ca. 10 % ($P < 0,01$).

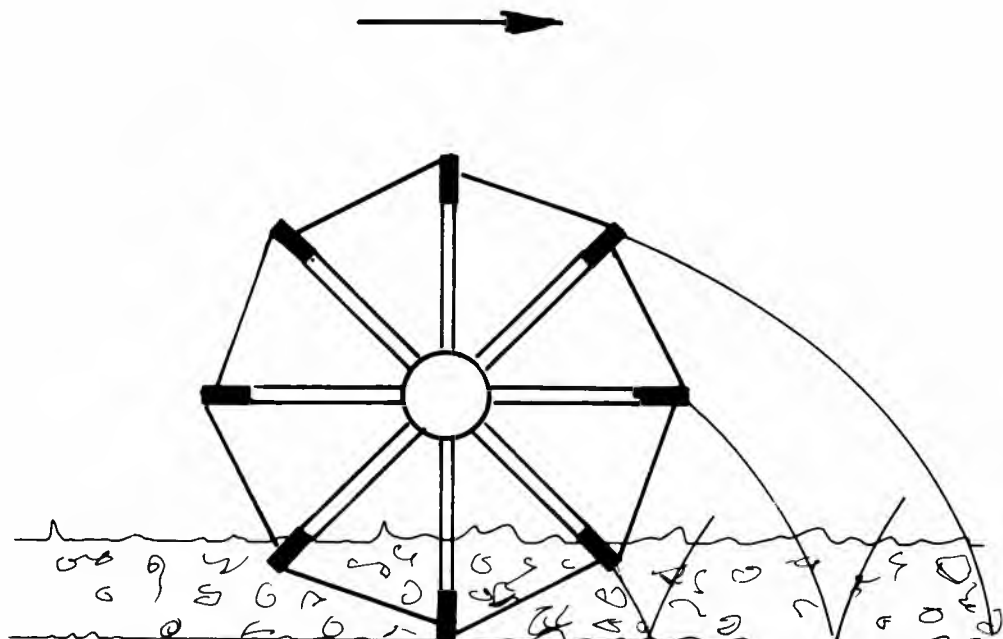


Fig. 23. Bevegelsesbanen til profilene på en ribbetrommel.
The moving path of the profile of a crumbler.

Av de ulike parametre knyttet til ribbetromlene gav profiler og belastning størst utslag. Profiler stilt vinkelrett på omkretsen (fig. 21 c og d) gav bedre findeling enn de øvrige. Belastningen 80, 180 og 280 kg gav sterkere findeling enn 40 kg. Innertromler (fig. 22), ulike diametre og 2 og 3 tromler etter hverandre har bare gitt ubetydelige utslag. Utslagene var imidlertid til fordel for innertrommel, for liten diameter og for flere tromler etter hverandre. Innertrommel er imidlertid en tvilsom løsning på fuktig jord fordi jorda kliner seg fast til trommelen. Diameteren kan maksimalt reduseres til 26-27 cm. Mindre diameter kan på løs jord føre til at tromlene ikke går rundt.

Bearbeidingsdybde, jammheten på bearbeidingsbunnen og overflaten

For at tindene skal kunne bearbeide til en bestemt dybde bør den resultat-kraft som virker på tindene være nedoverrettet. Mulighetene for nedoverrettet resultat-kraft er avhengig av tindetypen, bearbeidingsdybden, skjær-vinkelen og tindebredden. LINDGREN (1970) fant at fjærende og stive S-tinder gav nedoverrettet resultat-kraft ved mindre bearbeidingsdybder enn C-tinder, fig. 24. SIEMENS et al. (1965) fant dessuten at størrelsen på den nedoverrettede resultat-kraft økte proporsjonalt med tindebredden, fig. 25. I begge undersøkelsene økte den nedoverrettede resultat-kraft med avtagende

skjærvinkel. Kjørehastigheten hadde ingen betydning for størrelsen av vertikalkomponenten (LINDGREN 1970, SIEMENS et al. 1976).

I våre undersøkelser var det selv på hard jord ikke noe problem å få tinner til å trenge ned i jorda. Imidlertid var det vanskelig å innstille et tinneredskap til en bestemt dybde. Bearbeidingsdybden for de tre harvetypene varierte fra 30 til 70 mm. Mellom de tre harvetypene var det likevel ikke forskjellig bearbeidingsdybde. Bearbeidingsdybden viste seg å avhenge av tindenes vinkelinnstilling.

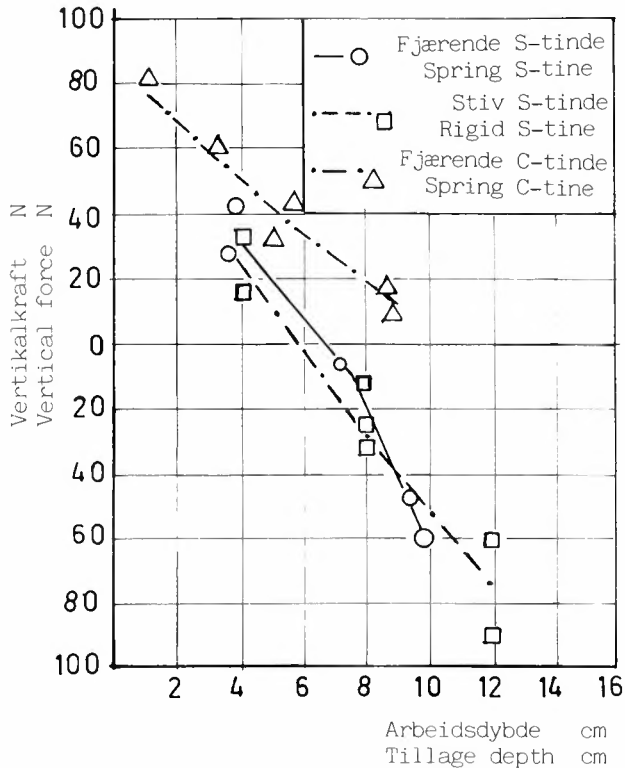


Fig. 24. Vertikalkraften på ulike tinner avhengig av bearbeidingsdybden. (LINDGREN 1970).
The vertical force on different tines versus the tillage depth (LINDGREN 1970).

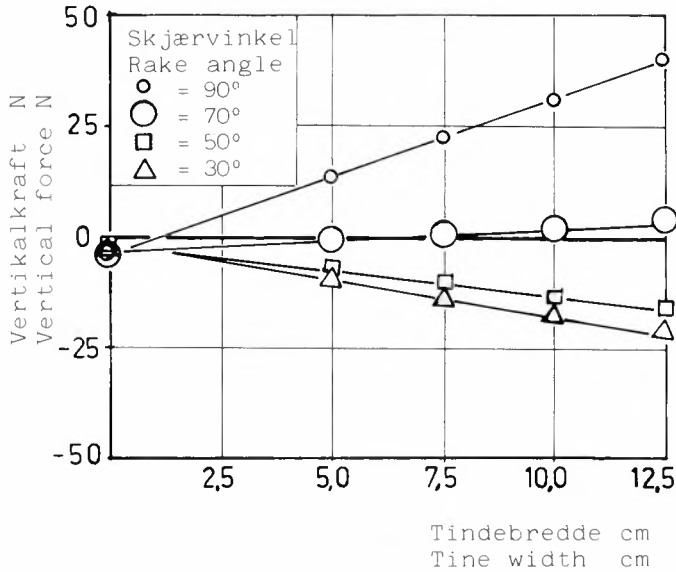


Fig. 25. Vertikalkraften på ulike tider avhengig av skjærvinkelen og tindebredden (SIEMENS et al. 1965).
The vertical force on different tines versus the rake angle and width of the tines (SIEMENS et al. 1965).

Når bearbeidingsdybden ble innstilt til henholdsvis 40 og 60 mm, viste det seg for S-tinder at små skjærvinkler gav større dybde og store skjærvinkler litt mindre dybde enn det tindene var innstilt til. Forklaring på dette synes å være at de to dybdene påførte tindene ulik jordmotstand og følgelig ulike horisontale belastninger. Den horisontale belastning på tindene vil være bestemmende for bearbeidingsdybden, fig. 26. Figuren viser at belastningen på C-tindene gir redusert bearbeidingsdybde uansett innstilling. På S-tinder med små skjærvinkler øker bearbeidingsdybden med belastningen inntil en belastning på 196-490 N (20-50 kp). Større belastninger fører til at bearbeidingsdybden avtar. Desto jevnere bearbeidingsdybden skal være på jord med store fasthetsvariasjoner, desto stivere må tindene være. Tinder må imidlertid ikke la seg deformere av den jordmotstanden de påføres. På hard jord var det ikke uvanlig at S-tinder ble deformert. Tindene kan derfor gjerne være noe sterkere enn tilfellet er.

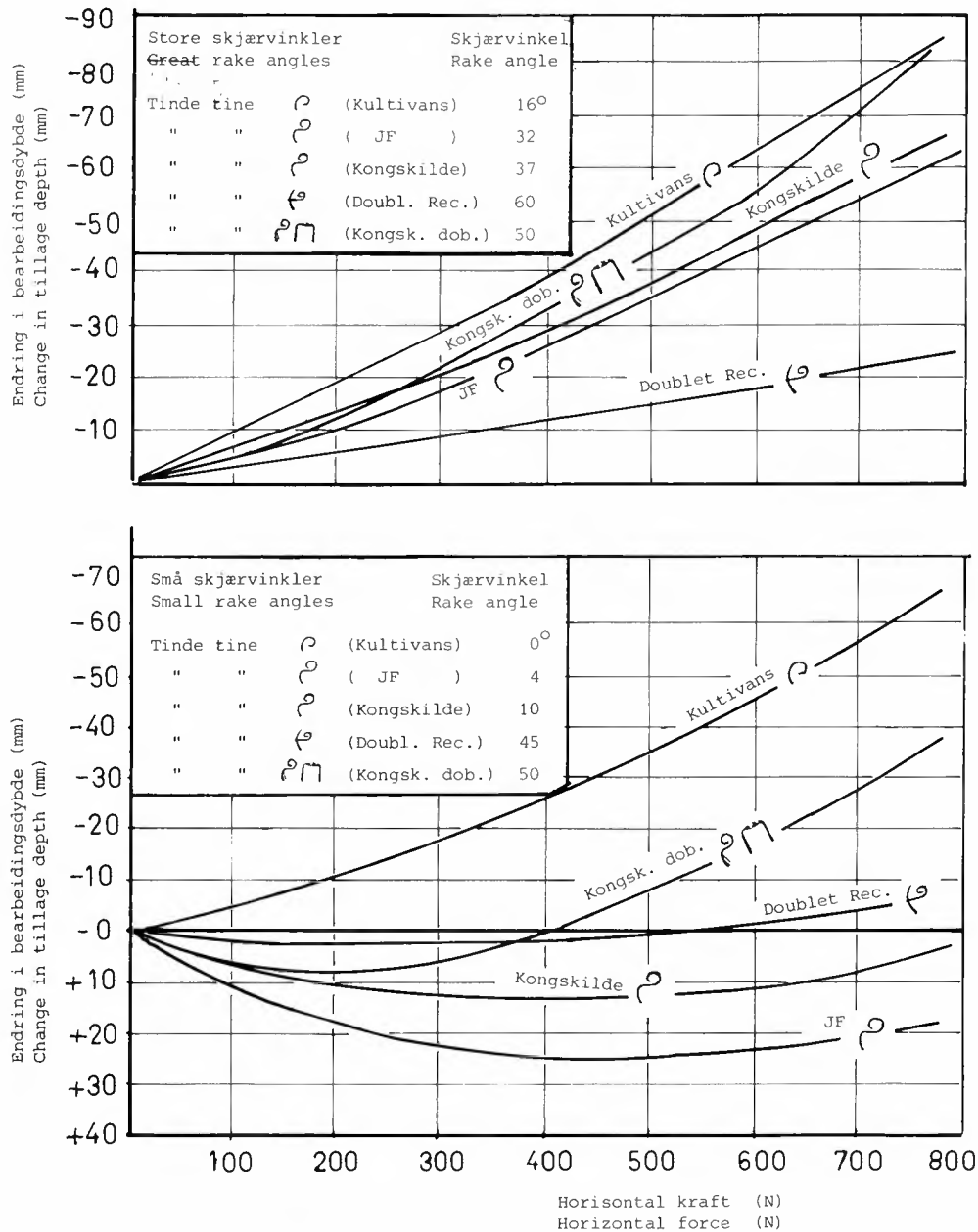


Fig. 26. Endringer i bearbeidingsdybden for ulike tinder avhengig av den horisontale kraftpåkjenning på tinden.
The difference in tillage depth for different tines versus the horizontal force on the tine.

Ribbetromler har ikke særlig evne til å bryte opp jorda. Disse tromlene kan derfor ikke innstilles til å bearbeide til bestemt angitte dybder. De tromler og belastninger som var med i undersøkelsene gav på løsnet jord maksimalt 40-50 mm bearbeidingsdybde. Normalt kan man neppe regne med at ribbetromlene trenger mer enn 20-30 mm ned i løsjordsjiktet.

Den jamnhet som ble oppnådd på bearbeidingsbunnen for komplette harver er vist i tabell 22.

Tabell 22. Jamnheten på bearbeidingsbunnen (standardavvik i mm) for ulike harvebehandlinger. (Gjennomsnitt av langs og tvers på kjøreretningen).

Table 22. Roughness of the tillage pan (standard deviation in mm) for different harrowing treatments. (Averages of across and along the driving direction).

Harvetype Harrow type	1 bearb. 1 pass	2 bearb. 2 passes
C-tinde harv C-tine harrow	10,2	9,4
S-tinde harv S-tine harrow	9,4	6,0

Etter en bearbeiding var det ikke påviselig forskjell mellom de to harvetypene. Etter to bearbeidinger gav S-tindene påviselig jamnere bunn enn C-tindeharva ($P < 0,01$).

Jamnheten i kjøreretningen ble undersøkt for ulike tindetyper innstilt med stor og liten skjærvinkel. Skjærvinkelen hadde imidlertid ingen betydning for denne jamnheten. Tabell 23 viser hvordan jamnheten ble i kjøreretningen for de ulike tindetyper.

Tabell 23. Jamnheten på bearbeidingsbunnen (standardavvik i mm) i kjøreretningen for ulike tindetyper.

Table 23. Roughness of the tillage pan (standard deviation in mm) in the driving direction for different tines.

S-tinder Gj.sn. av 6 ulike tinder S-tines Average of 6 diff. tines.	Stiv tinde Rigid tine Krok tinde Curved tine	Gåsefot skjær Broad shares	C-tinder C-tines Gj.sn. av 2 ulike tinder Average of 2 diff. tines
6,3	6,8	5,2	7,7

Forskjellene mellom de ulike tindetyperne var for små til å være signifikante, men en tendens til utslag var til stede, til fordel for S-tinder og stive tinder med gåsefotskjær. At S-tindene har gitt jammere bunn enn C-tindene, kan forklares med den ulike evnen disse tindetyperne har til å motstå horisontale belastninger. Når tinder med gåsefotskjær har gitt jammere bunn enn de andre spissene, kan forklaringen være at gåsefotskjærene skjærer seg gjennom jorda, mens de andre spissene i større grad bryter opp jorda.

Ujammheten på tvers av kjøreretningen ble undersøkt for ulike bearbeidingsdybder, vinkelinnstillinger og mellomrom mellom tindedragene. Bearbeidingsdybden, vinkelinnstillingen og mellomrommet 10 eller 60 mm mellom tindedragene hadde ikke betydning for denne jammheten. Jammheten var kun avhengig av tinde- og spisstypen ($P < 0,05$). Tabell 24 viser resultatene for de enkelte tindetyperne.

Tabell 24. Jammheten på bearbeidingsbunnen (standardavvik i mm) for ulike tindetyper. Tvers av kjøreretningen.

Table 24. Roughness of the tillage pan (standard deviation in mm) for different tines. Across the driving direction.

40 mm C	Spissbredde	Width of shares
	6 - 40 mm Tindetype S	200 mm *) Type of tine S
10,6	8,8	5,8

*) Gåsefotskjær. Dragene tangerte hverandre.
Broad shares. The tracks touched each other.

Igjen gav S-tindene jammere bunn enn C-tindene. Tindenes avfjæringskarakteristikk er den mest rimelige forklaringen på dette utslaget. Gåsefotskjærene gav meget jamm bunn. Dette er også i samsvar med resultatet til MØLLER (1959). Dragene etter gåsefotskjærene tangerte imidlertid hverandre. Det kan godt tenkes at gåsefotskjærene har dårligere evne til å bryte opp jorda tilsides for seg enn de andre spissene. Ved mellomrom mellom dragene er det derfor ikke sikkert at jammheten ville blitt bedre enn for de andre spissene.

Videre kunne det tenkes at resultatet hadde sammenheng med hvor jamm dybden på tindespissposisjonene var på de enkelte harvene. Tindespissposisjonenes jammhet på tvers av kjøreretningen ble derfor beregnet. Innen de ulike harvene er det tildels store dybdeforskjeller mellom tindene. I våre undersøkelser varierte denne jammheten uttrykt ved standardavviket fra 2 til 12 mm. Det kunne imidlertid ikke påvises noen sammenheng mellom jammheten på tindespissposisjonene og jammheten på bearbeidingsbunnen.

Spesielle undersøkelser over ribbetromlens virkning på bearbeidingsbunnen viste at avtrykk bare ble funnet når ribbetromlene hadde kantstilte ribber. Ofte var det imidlertid vanskelig å finne avtrykk etter ribbetromlene. Ut

fra dette kan ikke ribbetromlene ha stor virkning på utformingen av bearbeidingsbunnen. Likevel kan det være at ribbetromlene har en viss evne til å pakke jorda mot bearbeidingsbunnen.

Overflatejammheten etter en tindebearbeiding ble ikke særlig god. Etter de bakerste tindene ble det fordypninger og mellom disse tindene forhøyninger. På tvers av kjøreretningen vil overflaten følgelig være temmelig bølgete. Smale tinder lagde smale fordypninger mellom bølgene og brede tinder brede fordypninger. Jo smalere disse fordypningene var, desto lettere var det å jamne ut bølgejammhetene. Standardavviket for disse ujammhetene var i størrelsesorden ca. 20 mm. I kjøreretningen jamner imidlertid tindene relativt godt og standardavviket var omkring 10 mm. I og med at tindene løsner opp jorda er den forholdsvis lett å jamne til. Dragene etter vanlige smale tinder (40 mm) og etter inntil 150 mm lange skrapere under slodden ble tilfredsstillende gjenfylt og utjamnet av en rekke med ribbetromler. De brede dragene etter 200 mm brede gåsefotskjær og etter 250 mm lange skrapere ble imidlertid ikke tilfredsstillende gjenfylt og utjamnet verken av en eller to rekker med tromler.

Diskusjon

Feltforholdene under forsøkene med tinder og tromler har variert relativt lite. Jorda har vært forholdsvis lett å findele. Dette er likevel neppe forklaringen på at findelingsutslaget for tinder og ulike tindeparametre har vært lite. Tidligere undersøkelser har også vist at tindetyper og tindeinnstillinger ikke er særlig avgjørende for findelingen.

Findelingsresultatene for ribbetromlene er noe dårligere enn det som er funnet av SOMMER & ZACH (1971). Imidlertid er overensstemmelsen god i forhold til THESSIG (1975). Belastningen av tromlene var i begge undersøkelser den parameter som hadde størst virkning på findelingen. En rimelig forklaring på dette er at belastningen trykker tromlene ned i løsjordsjiktet. Profilene vil da komme i kontakt med mye jord samtidig som de trykker mot jordmaterialet. Dette burde resultere i findeling av jorda.

Jamn bearbeidingsdybde kan det tenkes at det er vanskelig å oppnå fordi tindenes dybde vil avhenge av jordmotstanden og tindenes avfjæringskarakteristikk. I en harv vil alltid første tinderekke bli utsatt for den største belastningen. Tinder med samme fjæringsegenskaper kan derfor arbeide til forskjellig dybde, avhengig av hvor stor belastning de påføres. I praksis vil tindene dessuten utsettes for varierende belastning. Da gjelder det at tindene raskest mulig igjen inntar utgangsposisjonen. Den tiden dette tar er avhengig av tindenes egenfrekvens. Egenfrekvensen var relativt forskjellig for de ulike tindene, men gav likevel ikke noen ytterligere forklaring på den bearbeidingsdybde som ble oppnådd. Uansett må stive tinder kunne forventes å gi jammere dybde enn fjærende tinder.

Jammheten på bearbeidingsbunnen var ikke signifikant forskjellig for de ulike tindetyperne. I kjøreretningen gav stive tinder med gåsefotskjær i gjennomsnitt jammest bunn. Det er grunn til å tro at dette utslaget er reelt, og skyldes at disse tindene skjærer seg gjennom jorda og av den

grunn gir jamn bunn. Vanlige spisser bryter opp jorda foran seg og dette kan gi noe mer ujamn bunn. Jamnheten på tvers av kjøreretningen ble også best for gåsefotskjær som tangerte hverandre. Dersom det blir avstand mellom gåsefotdragene, er det ikke sikkert at jamnheten blir så god. Det kan tenkes at avstand mellom tindedragene krever spisser som kan bryte opp jorda tilsides for seg.

I og med at det ikke kunne påvises noen sammenheng mellom tindespissposisjonene og jamnheten på bearbeidingsbunnen er det noe mer uklart hva tindenes avfjæringskarakteristikk egentlig betyr for jamnheten. Jamnheten på tindespissposisjonene inngikk imidlertid ikke som egen forsøksfaktor. Det kan derfor ikke legges avgjørende vekt på manglende utslag for dette forhold. Videre undersøkelser er nødvendig for å klarlegge hva jamnheten på tindespissposisjonene egentlig betyr for jamnheten på bearbeidingsbunnen.

Det var ikke å vente av ribbetromlene skulle ha noen virkning verken på bearbeidingsdybden eller bearbeidingsbunnen. At deres evne til å jamne overflaten var avhengig av bredden på verktøydragene var naturlig. Det ble forsøkt å forbedre ribbetromlenes jamnevirkning ved å endre ribbenes utforming og plassering. Den nye utformingen gav litt bedre jamning. Det enkleste og mest effektive var likevel å plassere inn noen smale tinder slik at bredden på dragene ble redusert.

SLODDEHARVER

Forsøksopplegg

Redskaper med sloddeseksjon, tinder og ribbetromler er gitt navnet sloddeharver, fig. 8. Med disse redskapene gjøres slodding og harving i samme operasjon. Til forskjell fra en harv med sloddeplanker har disse redskapene en fullverdig sloddeseksjon som kan bearbeide jorda i hele bearbeidingsdybden.

Tindene kan stilles både grunnere og dypere enn sloddeseksjonen. Med tindene grunnere enn sloddeseksjonen, har redskapet i tidligere sammenlikninger vært gruppert i gruppen sloddebaserte redskaper, og med tindene dypere enn sloddeseksjonen, har det vært gruppert i gruppen harvebaserte redskaper. Til sammen var sloddeharvene med i 15 forsøk. De sammenlikningene som var særlig interessante i forhold til sloddeharvene var:

- * Sammenlikningene mellom sloddebaserte og harvebaserte sloddeharver.
- * Sammenlikningen mellom slodder og sloddebaserte sloddeharver.
- * Sammenlikningen mellom harver og harvebaserte sloddeharver.
- * Virkningen av en og to bearbeidinger.
- * Virkningen av ulike tinder og ribbetromler på sloddeharvene.

I den totale sammenlikning mellom slodde- og harvebaserte redskaper gav sloddebaserte redskaper bedre findeling, grunnere bearbeidingsdybde og jammere bearbeidingsbunn enn harvebaserte redskaper.

I undersøkelsene hadde sloddeharvene to vidt forskjellige tindetyper. Den ene sloddeharven (Kverneland) hadde smale S-tinder som kunne stilles til ulike dybder i forhold til sloddeseksjonen. Den andre sloddeharven var et eksperimentredskap som hadde relativt stive og brede tinder med 200 mm brede gåsefotskjær. Disse tindene gikk i alle forsøk dypere enn sloddeseksjonen. Bak tindeseksjonen var det enten en enkel rekke med ribbetromler bestående av rundtjærnsprofiler eller to rekker med tromler bestående av kantstilte flatjærnsprofiler.

Feltforholdene

Feltforholdene varierte mye i de aktuelle forsøksopplegg, tabell 25.

Tabell 25. Feltforholdene i forsøksopplegg med sloddeharver.
Table 25. Soil properties in different drag-harrow experiments.

Forsøksopplegg Experiments	Leir- innhold Clay content	Aggregatfraksjoner Aggregate fractions		Fuktig- het Mois- ture	Skjær- fasthet Shear strength	Overflate jæmhet st.avvik Surface roughness st.dev. mm
	%	<5,6 mm	0,5-5,6 mm	%	N/mm ²	mm
Slodde-/harve- baserte Drag-/harrow- based	0-45	10-95	10-40	14-30	$3,9^{-03}$ - $9,81^{-03}$	10-40
Slodd og sloddebasert sloddeharv Drag and dragbased dragharrow	25-45	20-70	20-50	15-25	$1,96^{-03}$ - $9,81^{-0}$	20-40
Harv og harve- basert sl.harv Harrow and harrowbased drag harrow	40-45	20-50	20-40	20-25	$3,9^{-03}$ - $9,81^{-03}$	30-40
1 og 2 bearb. 1 and 2 passes	25-45	20-70	20-50	20-25	$1,96^{-03}$ - $9,81^{-0}$	20-40

Tabelloversikten viser at feltforholdene har variert en god del, særlig for de sloddebaserte sammenlikningene. For de harvebaserte sammenlikningene har ikke feltforholdene variert så mye, men de feltforholdene undersøkel-sene er gjort på, er spesielt interessante ut fra norske forhold.

Resultater

Findelingen

Findelingen var i høy grad avhengig av tindenes dybde i forhold til slodde-seksjonen. Sloddebasert sloddeharv gav vesentlig sterkere findeling enn harvebasert sloddeharv, tabell 26.

Tabell 26. Findelingen (aggregatfraksjoner i %) for slodder, sloddeharver og harver.

Table 26. Aggregate size distribution (aggregate fractions in %) for drags, drag-harrows, and harrows.

Antall be- arbeidinger Number of passes	Slodder Drags		Sloddeharver/Drageharrows Sloddebasert Dragbasert Harvebasert Harrowbased				Harver Harrows	
	Aggr. mm		Aggr. mm		Aggr. mm		Aggr. mm	
	<5,6	0,5-5,6	<5,6	0,5-5,6	<5,6	0,5-5,6	<5,6	0,5-5,6
1 bearb. 1 pass	64,8	52,7	66,6	52,9	59,6	48,2	53,4	43,4
2 bearb. 2 passes	70,7	54,7	71,5	54,4	68,2	53,3	63,2	49,4

De sloddebaserte sloddeharvene bearbeidet i gjennomsnitt til ca. 40 mm, og de harvebaserte til ca. 50 mm bearbeidingsdybde. Variasjonen i bearbeidingsdybden for sloddebaserte sloddeharver var fra 30 til 50 mm, og for harvebaserte varierte denne dybden fra 40 til 70 mm. Denne variasjonen i bearbeidingsdybden hadde imidlertid ikke betydning for findeling.

Sloddebaserte sloddeharver gav i gjennomsnitt praktisk talt samme findeling som slodder. Harvebaserte sloddeharver gav derimot påviselig bedre finde-ling enn harvene ($P < 0,01$), se tabell 26.

Findelingsutslaget for to bearbeidinger var noe større for de harvebaserte enn for de sloddebaserte sloddeharvene. Etter to bearbeidinger var finde-lingen for harvebaserte sloddeharver praktisk talt på samme nivå som for de sloddebaserte redskapene.

De harvebaserte sloddeharvene hadde enten smale S-tinder eller stive, brede tinder med 200 mm brede gåsefotskjær. Det kunne ikke påvises noen forskjell i findeling for disse to tindetyper.

Sloddeharvene hadde ribbetromler i en og to rekker, og med ulike ribbeprofiler. Dette hadde imidlertid ingen betydning for findelingen.

Bearbeidingsdybden og jamnheten på bearbeidingsbunnen og på overflaten

På de harvebaserte sloddeharvene var tindene stilt fra 15 til 70 mm dypere enn sloddeseleksjonen. Disse sloddeharvene gav selvfølgelig også derfor større bearbeidingsdybde enn de sloddebaserte. Jo dypere tindene var stilt på de harvebaserte sloddeharvene, desto større ble bearbeidingsdybden. I gjennomsnitt gav de harvebaserte sloddeharvene 10 mm større bearbeidingsdybde enn de sloddebaserte. For øvrig gav de sloddebaserte sloddeharvene omtrent samme bearbeidingsdybde som sloddene, og de harvebaserte sloddeharvene gav omtrent samme bearbeidingsdybde som harvene.

Jamnheten på bearbeidingsbunnen var i første rekke avhengig av antall bearbeidinger. To bearbeidinger gav jammere bunn enn en bearbeiding. I gjennomsnitt var jamnheten omtrent den samme for sloddebaserte som for harvebaserte sloddeharver, tabell 27. Innen harvebaserte sloddeharver var jamnheten noe avhengig av bredden på tindespissene. Tinder med 200 mm brede gåsefotskjær der tindedragene tangerte hverandre gav litt jammere bunn enn 40 mm brede spisser og mellomrom på 60 mm mellom tindedragene. Forskjellen var imidlertid ikke signifikant. Gåsefotskjær gav praktisk talt samme jamnhet som sloddebasert sloddeharv. I sammenlikningen med slodder og harver gav de slodde- og harvebaserte sloddeharvene litt jammere bunn enn sloddene og harvene, tabell 27.

Tabell 27. Jamnheten på bearbeidingsbunnen (standard avvik i mm) for slodder, sloddeharver og harver.

Table 27. Roughness of the tillage pan (standard deviation in mm) for drags, dragharrows and harrows.

Antall bearbeidinger Number of passes	Slodder Drags	Sloddeharver Dragharrows	Harver Harrows
		Slodde- basert Drag based	Harve- basert Harrow based
1 bearb. 1 pass	7,2	6,8	7,4
2 bearb. 2 passes	6,6	5,2	5,5

Jamnheten på overflaten var helt klart avhengig av breddene på tindespissene. De smale spissene lagde relativt krappe bølger etter tindesporene. Disse bølgene ble godt utjamnet av en rekke med ribbetromler. De brede gåsefotskjærene lagde en mer langbølget overflate. En rekke med ribbetromler klarte ikke å jamne ut disse tilfredsstillende. To rekker gav bedre utjamning, men selv da kunne utjamningen bli utilfredsstillende.

Diskusjon

De to sloddeharvgrupperingene var mer likeverdige enn slodd og harv både når det gjaldt findeling, bearbeidingsdybde og jamnhet på bunn og overflate. For findelingen lå de resultatmessig mellom slodd og harv, men nærmere sloddene enn harvene. For jamnheten på bearbeidingsbunnen var de faktisk bedre enn både sloddene og harvene og jamnheten på overflaten ble som for harver med ribbetromler. Sloddeharvenes problem er bearbeidingsdybden og findeling der det er hardt. For å oppnå tilstrekkelig bearbeidingsdybde på slik jord vil det være nødvendig å stille tindene dypere enn sloddeseksjonen. Den jorda som da brytes opp av tindene vil imidlertid bli dårlig findelt. Ribbetromlene gir liten findeling. En eventuell sloddeplanke bak tindene vil kunne gi sterkere findeling, men vil øke trekkraftbehovet betydelig. Det savnes følgelig et verktøy som kan findele løsnet jord uten særlig økning i trekkraft- eller effektbehovet.

GJENFYLLING AV AURFÅRER

Forsøksopplegg og feltforhold

Det er ønskelig at redskapene skal ha god evne til å gjenfylle aurfårer, fig. 27. Denne gjenfyllingsevnen ble undersøkt for 6 redskaper. Disse var Kvernelands sloddeharv, Väderstad slodd med 2 og 3 planker, Bekkevold slodd, Doublet Record harv og en forsøksslodd med en overstrømningsplanke og en understrømningsplanke samt ribbetromler.

Redskapene ble til sammen kjørt 5 ganger på tvers av tre ulike aurfårer, som lå parallelt med ca. 7 m avstand. Etter hver kjøring ble overflatejammheten målt ved hjelp av en 4 m lang bjelke som ble lagt over aurfåra, fig. 7.

Feltforholdene framgår av tabell 28. Jamnheten over aurfårene er uttrykt ved den maksimale og midlere dybde fra målelinjalen og til jordoverflaten, og ved standardavviket på disse dybdene.

Tabell 28. Feltforholdene i undersøkelsene med gjenfylling av aurfårer.

Table 28. Soil properties in the experiments concerning refilling of dead furrows.

Leir innhold Clay content	Aggregatfraksjoner Aggregate fractions		Fuktighet Moisture	Skjærfasthet Shear strength	Jamnheten over aurfårene Roughness across the dead furrows		
	<5,6 mm	0,5-5,6 mm			St.avvik St.dev.	Max. dybde Max. depth	Min. dybde Min. depth
%	%	%	%	N/mm ²	mm	mm	mm
36	44,1	35,5	30	5,9 ⁻⁰³	106	476	242

Resultater og diskusjon

Redskapenes evne til å planere ut aurfårene framgår av fig. 28. Avgjørende for planeringen var redskapet og antall kjøring (P<0,01). Kvernelands sloddeharv, Bekkevold slodd, Väderstad m/3 planker og forsøkslodden hadde alle god planeringsevne, mens Väderstad m/2 planker og Doublet Record harv hadde dårlig planeringsevne (P<0,01). Den første kjøringen gav størst utjamning. Kjøring nr. 2, 3 og 4 gav noe mindre jamning, mens den 5. kjøringen praktisk talt ikke gav noen videre utjamning. Jamnheten over aurfårene ble imidlertid ikke i noe tilfelle så god som på den omkringliggende overflaten. Etter 5 kjøring var det fortsatt igjen slake groper med en maksimal dybde på 130-180 mm.



Fig. 27. Aurfår
Dead furrow

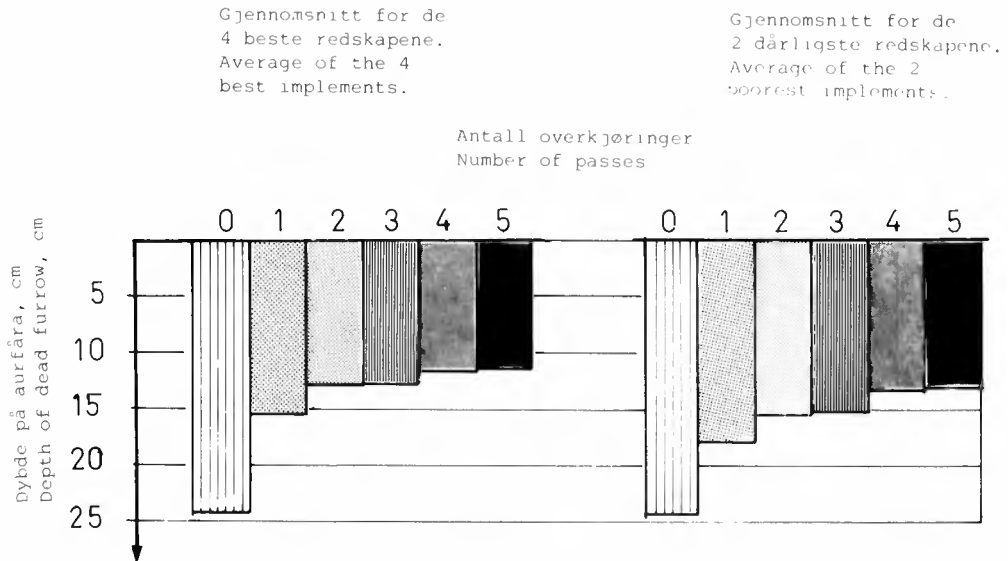


Fig. 28. Gjennomsnittlig dybde av aurfårene etter 1-5 overkjøringer.

Average depth of dead furrow after 1-5 passes.

Venstre del: Gjennomsnitt av Kvernelands sloddeharv, eksperimentslodd, Bekkevold slodd og Väderstad slodd med 3 planker.

Left part: Average of Kvernelands dragharrow, experimental drag, Bekkevold drag and Väderstad drag with 3 beams.

Høyre del: Gjennomsnittet av Väderstad slodd med to planker og Doublet Record harv.

Right part: Average of Väderstad drag with two beams and Doublet Record harrow.

De fire redskapene som planerte best hadde alle sloddeplanker som drog med seg mye jord. Väderstadslodden m/2 planker og Doublet Record-harva transporterte lite jord. Dette skyldtes blant annet at sloddeplankene på disse redskapene dannet en stump vinkel med jordoverflaten (skjærvinkel ca. 120°). Av den grunn hadde de liten evne til å bryte opp jorden. Väderstadslodden var dessuten relativt lett. Doublet Record-harva var tung nok, men hadde liten høyde på sloddeplanken. Dette bidrog ytterligere til liten jordtransport. Av de redskapene som hadde god evne til å planere overflaten, så Kvernelands sloddharva ut til å være litt bedre enn de andre redskapene. Dette kan ha sammenheng med at plankene på dette redskapet hadde høyere skrapere enn på de andre redskapene. Det kan tenkes at evnen til å føre jorda under seg og ned i fordypninger er bedre for planker med høye skrapere enn for planker med lave skrapere.

BEARBEIDING AV STEINRIK JORD

Forsøksopplegg og feltforhold

Fastkiling av stein i harver og slodder er avhengig av avstanden mellom tindene i ei harv og avstanden mellom skraperne på en sloddeplanke. Formålet med disse undersøkelsene var å finne ut hvor stor denne avstanden burde være for at redskapene kunne bearbeide jord med mye stein. Disse undersøkelsene omfattet harver og slodder med ulike avstander mellom tindene og skraperne. Harvene var av typen Doublet Record og JF med tindeavstander på henholdsvis 220 og 270 mm. Sloddene hadde 60 og 90 mm høge skrapere og avstandene mellom skraperne var fra 180 til 310 mm.

Bearbeidingen ble utført på lett jord med temmelig mye stein der fuktigheten varierte. Totalt ble undersøkelsene utført på 4 felt. Lengden på kjøredragene var 200, 300 og 400 m. Til sammen ble det kjørt 1300 m med hvert redskap. Antall fastkilte stein pr. kjøredrag ble bestemt, og ut fra dette ble antall fastkilte steiner pr. 1000 m beregnet.

Resultater og diskusjon

Det viste seg at stein kilte seg fast mellom skraperne eller tindene inntil avstanden mellom den var ca. 250 mm. Over denne avstanden fikk en ikke fastkiling av stein. Figur 29 viser resultatene.

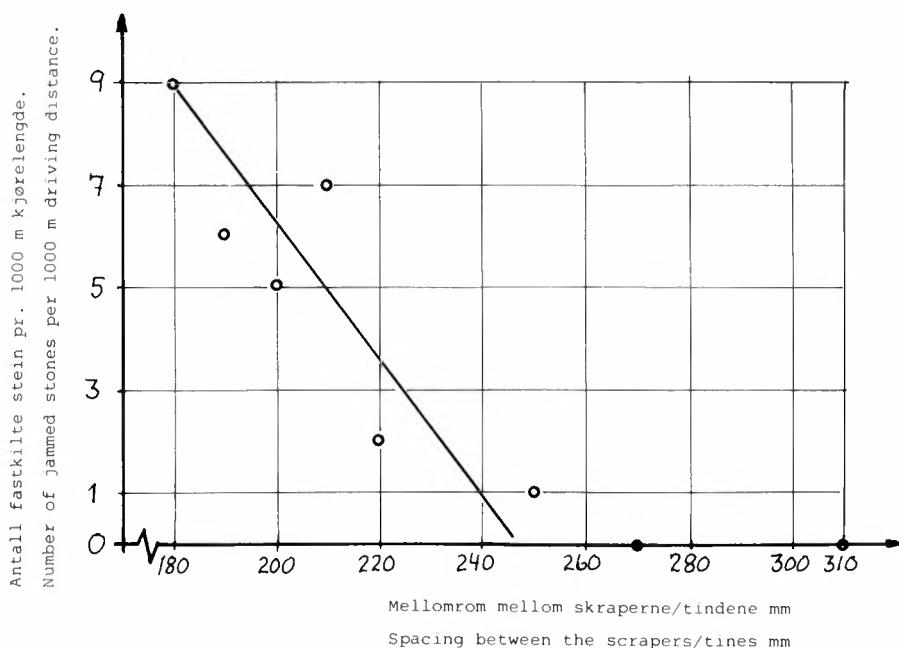


Fig. 29. Fastkiling av stein avhengig av mellomrommet mellom skraperne/tindene.
Jamming of stones versus the spacing between the scrapers/tines.

Som rimelig kan være gav det minste mellomrommet flest fastkilte steiner. Antall fastkilte steiner avtar relativt sterkt med økende mellomrom mellom skraperne/tindene. Figuren viser at mellomrom på 250 mm eller mer praktisk talt ikke gav fastkiling av stein. Tilleggsundersøkelse med 200 mm høge skrapere der avstanden mellom skraperne var 180 og 211 mm viste at denne høgden gav flere fastkilte stein enn 90 mm høge skrapere. Høg fuktighet i jorda bidrog også til flere fastkilte steiner enn liten fuktighet.

TREKKRAFTBEHOV

Tidligere undersøkelser

Det er gjennomført en rekke undersøkelser over trekkraftbehovet for ulike bearbeidingsverktøy. De parametre vedrørende utformingen av verktøyet som spiller størst rolle er bredden, skjærvinkelen, og hvorvidt verktøyet er fjærende eller ikke. Trekkraftbehovet øker med økende skjærvinkel og økende bredde (SIEMENS et al. 1965, SØHNE 1956, PAYNE & TANNER 1959, GODWIN & SPOOR 1977, DRANSFIELD et al. 1964, STAFFORD 1981, KAWAMURA 1952, MCKEYES & ALI 1977). Stive tinder krever større trekraft enn fjærende tinder (MØLLER 1959). Som rimelig kan være spiller også tindenes bearbeidingsdybde og kjørehastigheten rolle for trekkraftbehovet. Trekkraftbehovet øker meget sterkt med økende bearbeidingsdybde (O'CALLAGHAN & FARRELLY 1964, DRANSFIELD et al. 1964, PAYNE & TANNER 1959, KRAUSE 1975, REICH 1978). Den øker også med kjørehastigheten, men relativt moderat. (STAFFORD 1981, REICH 1978, SIEMENS et al. 1965, SØHNE 1956). Jordas fasthet og fuktighet er også viktige parametre. Trekkraftbehovet øker både med jordas fasthet og fuktighet (STAFFORD 1981).

Forsøksopplegg og feltforhold

Formålet med våre undersøkelser var å finne trekkraftbehovet for slodder, sloddeharver og harver. Dessuten ville en undersøke om feltforholdene og redskapets bredde og tyngde bidrog til å forklare forskjeller i trekkraftbehovet. Sloddeplankene sklir på jordunderlaget. Økt tyngde vil gi økt friksjon mellom planken og jordunderlaget. Dessuten kan økt tyngde føre til at planken transporterer mer jord foran seg. Harvetinder bryter opp jorda foran seg. Den kraft dette krever er etter all sannsynlighet avhengig av bredden på redskapet, men tyngden kan kanskje også spille rolle.

I undersøkelsene var det med ulike utgaver av slodder, sloddeharver og harver. Noen harver hadde sloddeplanker og noen ikke. Bredden på redskapene var i hovedsak mellom 270 og 450 cm. På ett av feltene var det imidlertid med et redskap der arbeidsbredden var hele 530 cm. Vekta av redskapene varierte temmelig mye; fra 300 til 1500 kg. Trekkraft og kjørehastighet ble registrert for hvert kjøredrag.

Undersøkelsene ble foretatt på i alt 8 ulike felt. På hvert felt ble det tatt målinger for bestemmelse av jordas mekaniske sammensetning, aggregatfordelingen, jordfuktigheten, skjærfastheten og standardavviket på overflaten. Tabell 29 viser den variasjon det var mellom feltene. Feltforholdene for de enkelte kjøredrag ble ikke registrert.

Tabell 29. Feltforholdene i trekkraftundersøkelsene.
Table 29. Soil properties in the draught force experiments.

Leir- innhold Clay content	Aggr. fraksjoner Aggr. fractions		Fuktighet Moisture	Skjør- fasthet Shear strength	Overfl. javnhet st.avvik Surface roughness st.dev. mm
	<5,6 mm	0,5-5,6 mm			
%	%	%	%	N/mm ²	
20-45	25-75	24-54	12-27	$2,0^{-03}$ - $9,0^{-03}$	10-48

Resultater og diskusjon

Trekkraftbehovet for de ulike redskapene varierte mye også innen de ulike felt. Den laveste trekkraften som ble registrert var 2,9 kN og den høyeste var 16,2 kN. For det meste var trekkraften i området 6-10 kN. Mellom de tre redskapsgruppene slodd, sloddeharv og harv kunne det ikke påvises forskjellig trekkraftbehov.

Når trekkraftbehovet for et redskap kunne variere mye innenfor samme felt, er det rimelig å anta at dette skyldes variasjoner i feltforholdene. I følge den refererte litteraturen er spesielt bearbeidingsdybden avgjørende for trekkraften. Redskapene var innstilt til en bearbeidingsdybde på 40 mm, men den faktiske bearbeidingsdybden varierte i området 20-50 mm. Dette kan være forklaringen på noe av trekkraftvariasjonene. Materialet var imidlertid ikke omfattende nok til at virkningen av bearbeidingsdybden kunne beregnes på en forsvarlig måte. Det kunne ikke påvises noen forskjell i bearbeidingsdybden for de tre redskapsgruppene slodd, sloddeharv og harv. Kjørehastigheten var i gjennomsnitt 7,5 km/h, med en variasjon fra 6-9 km/h. Mellom kjørehastigheten og trekkraftbehovet kunne det imidlertid ikke påvises noen sammenheng. Sloddene hadde ulik bredde og tyngde. De fleste sloddene hadde to planker, men i noen av sammenlikningene inngikk en slodd med tre planker. Redskapenes trekkraftbehov er vist i tabell 30.

Tabell 30. Likningene for trekkraftbehovet
Table 30. The equations for the draught force.

Redskap Implement	Likning Equation	R ²
Slodder Drags	$F = 3040 + 0,94 w - 75,5 s$	0,60
Sloddeharver Dragharrows	$F = 1216 + 1,04 w$	0,43
Harver Harrows	$F = -1540 + 12,1 b$	0,41

F = Trekkraft; N
Draught force; N

b = Redskapsbredde; cm
Implement width; cm

w = Vekt; N
Weight; N

s = Sandinnhold; %
Sand content; %

Tabellen viser at sloddens trekkraftbehov i hovedsak var avhengig av sloddens tyngde. Denne parameteren forklarte ca. 50 % av variasjonene i trekkraftbehovet. Antall planker spilte ingen rolle for trekkraftbehovet. Dessuten gav heller ikke bredden sikker virkning. Tendensen var imidlertid økt trekkraftbehov for økende bredde. Når utslaget var såpass uklart, kan forklaringen være at variasjonen i redskapsbredden var i minste laget. Dette kan være en god forklaring, fordi bredden på sloddene varierte lite. Den var kun 270, 300, 400 og 455 mm. Andre undersøkelser viser helt klart at trekkraftbehovet øker med bredden på verktøyet.

Harvenes trekkraft var mest avhengig av redskapsbredden. Også i denne analysen var det tendens til at økt tyngde gav større trekkraftbehov. Når utslaget ikke var signifikant, kan forklaringen også i dette tilfelle være at materialet var for lite.

For sloddeharvene gav tyngden sterkest utslag. Hvorvidt tyngden eller bredden vil gi sterkest utslag på trekkraften for dette redskapet vil etter all sannsynlighet være avhengig av hvor sterkt redskapet er slodde- eller harvebasert.

Feltforholdene ble bare registrert for hvert felt. Det forelå derfor til sammen bare 8 ulike observasjonsserier over disse forholdene. Dette er for lite til at det kan forventes særlig sikre sammenhenger. Utslaget for sandinnhold vedrørende sloddens trekkraftbehov tyder imidlertid på at dette er en av de mer interessante parametrene. Forsåvidt er det også rimelig at høgt sandinnhold bidrar til å redusere trekkraftbehovet.

KOMBISÅMASKINER

Tidligere undersøkelser

Sålabbene på en såmaskin skal følge bearbeidingsbunnen og plassere säkornet på denne. Ut fra det som tidligere er referert om tindenes virkning på bearbeidingsresultatet, er det å vente at sålabbene vil gi ytterligere nedføring av små aggregater. Det kan ikke forventes at labbene har virkning på findelingen eller bearbeidingsbunnens jamnhet. Deres bakoverhelning tilsier videre at de ikke har særlig evne til å løfte store aggregater opp i sjiktet. Kombisåmaskinene har både gjødsel- og sålabber. Gjødsellabbene går ca. 40 mm dypere enn sålabbene, og vil følgelig bryte opp den etablerte bearbeidingsbunnen. Den virkning disse labbene vil ha på såbedet er undersøkt av HUHTAPALO (1978). Han fant at labber bredere enn 20 mm brøt opp en fure med 45° helningsvinkel fra nedre kant av fura og opp mot overflaten. Dette resultat er i god overensstemmelse med det som er funnet for tinder (O'CALLAGHAN & FARRELLY 1964, SPOOR & GODWIN 1979). HUHTAPALO fant videre at oppbrytingen av bearbeidingsbunnen førte til grovere findeling i løsjordsjiktet og til at fuktige aggregater ved bunnen ble ført opp til overflaten. Furer med loddrette vegger ble dannet under nesten alle forhold av loddrette 17 mm brede labber med skarp forkant. Denne oppbrytingsmåten hadde svært liten virkning på findelingen i løsjord-sjiktet.

Forsøksopplegg og feltforhold

Våre undersøkelser tok sikte på å finne den avstand det burde være mellom dragene til ulike gjødsellabber og sålabber og dessuten de parametre som var bestemmende for sådybden. Undersøkelsene ble gjennomført med en Tume kombisåmaskin. Den hadde 20 mm brede gjødsellabber med relativt uskarp forkant. Sålabbene var av den vanlige smale typen og av den brede vinglabbtypen.

Virkingen av ulike avstander mellom gjødsellabbene og sålabbene ble undersøkt på et større forsøksfelt som på forhånd var bearbeidet til ca. 40 mm dybde. På dette feltet ble bearbeidingsbunnen blottlagt en rekke steder. Drag med såmaskinen som gikk over disse stripene ble kjørt. Avstanden mellom gjødsellabb og sålabb var henholdsvis 20, 40, 60 og 90 mm. Jordprøver for bestemmelse av jordas findeling ble tatt i kjøredraget mellom disse blottlagte stripene. Relieffmeteret ble satt i faste innstillinger og relieffet ble målt på tvers av draget både før og etter at såmaskinen hadde passert. Videre ble det tatt relieffmålinger langs gjødsellabbfurene i en avstand på 20, 40 og 60 mm fra senter av fura. Antall såfrø som falt ned i gjødselfura pr. m rad ble opptelt og dette antallet ble sammenliknet med antall såfrø sådd pr. m rad. Til sammen ble det tatt 8 gjentak.

Sådybden ble registrert på en rekke ulike felt som var sådd med denne maskinen. Denne dybden ble bestemt ved å måle lengden på den hvite del av stengelen på spirte frø. I tilknytning til sådybdene var det på forhånd tatt målinger av bearbeidingsdybden, jamnheten på bunnen og overflaten, aggregatfordelingen før såing, fuktigheten i jorda og jordas mekaniske sammensetning.

I begge forsøksoppleggene var det en del variasjon i feltforholdene. Tabell 31 gir en oversikt over denne variasjonen.

Tabell 31. Feltforholdene i kombisåmaskinundersøkelsene.
Table 31. Soil properties in the combi-drilling experiments.

Undersøkelser Experiments	Leir- innhold Clay content	Aggr.fraksjoner Aggr. fractions		Fuktighet Moisture	Skjør- fasthet Shear strength	Overflate jåmhet st.avvik Surface roughness st. dev. mm
	%	<5,6 mm	0,5-5,6 mm	%	N/mm ²	
Gjødsellabb/ sålabb	34-38	55-67	45-53	25-35	5,89 ⁻⁰³ -0,01	8-15
Fertilizer coultter/drill coultter						
Sådybde Sowing depth	25-45	20-70	25-60	13-30	-	10-20

Resultater

Gjødsellabbene lagde ulik dybde på gjødselurene. Den grunneste var 26 mm dyp og den dypeste 35 mm i gjennomsnitt. Urene hadde praktisk talt loddrette vegger. Målinger av jåmheten til siden for og langs urene viste at ureopparbeidingen ikke hadde hatt noen virkning på den tilstøtende bearbeidingsbunnen. Når det dannes slike smale furer med loddrette vegger, vil også virkningen på aggregatfordelingen bli liten. I disse undersøkelsene ble aggregatfordelingen litt grovere etter at gjødsellabbene hadde passert. Andelen aggregater < 5,6 mm ble redusert fra 65,3 % og til 61,8 % og andelen 0,5-5,6 mm ble redusert fra 52,4 % og til 48,9 % (P=0,05). Også i andre forsøk med den samme såmaskinen og de samme gjødsellabbene ble findelingen bare ubetydelig grovere.

Andelen av såfrø som falt ned i gjødselure var avhengig av sålabbtypen og avstanden mellom sålabb og gjødsellabb, se tabell 32.

Tabell 32. Andel frø (%) i gjødsellabbfura.
Table 32. Proportion of seed (%) i the furrow of the fertilizer coulters.

Sålabb Drill coulters	Avstand mellom så- og gjødsellabb Distance between drill- and fertilizer coulters			
	20 mm	40 mm	60 mm ^{*)}	90 mm
Smal Narrow	88	0	0	0
Bred (vinglabb) Broad (wing coulters)	50	9	7	0

*) Normal avstand Normal distance

Tabellen viser at den smale sålabben allerede ved en avstand på 40 mm mellom sålabb og gjødsellabb ikke gav noe såfrø i gjødsellabbfura. Vinglabben krever at denne avstanden må være 90 mm for at såfrø ikke skal falle ned i gjødsellabbfura. I dette tilfelle hadde gjødsellabbfurene loddrette vegger. Om veggen hadde skrådd 40-45° mot overflaten ville resultatet neppe blitt særlig anderledes fordi gjødsellabbfurene vil fylles med jord innen sålabbene passerer. Denne løsjorda vil hindre såkornet i å komme ned i fura. Denne antagelsen er forsåvidt bekreftet av HUHTAPALO (1978) som for smale sålabber ikke kunne påvise avlingsforskjeller for ulike bredder på gjødselbura. Såing med vinglabber kan tenkes å føre mer frø i gjødsellabbfurene. Vinglabber kombinert med smale gjødselbura og normalavstanden 60 mm mellom gjødsellabber og sålabber gir imidlertid meget god spiring og vekst (HUHTAPALO 1984).

Sålabbene skal i størst mulig grad plassere frøene på bearbeidingsbunnen. I praksis oppnås ikke dette fullt ut. Frøene vil fordele seg i den nedre del av bearbeidingsdybden. Av de variablene som ble registrert i tilknytning til sådybden viste det seg at sådybden økte med bearbeidingsdybden og den kraften som var forspent på labbene. Ujamm overflate og god findeling bidrog til å redusere sådybden. Til sammen forklarte disse 4 variablene ca. 50 % av variasjonene i sådybden, se tabell 33. Den kraften som var forspent på labbene varierte fra 35-90 N, og bearbeidingsdybden varierte fra 20-80 mm. Variasjonen i de to andre parametrene framgår av tabell 31.

Tabell 33. Regresjonslikningen for dybden av såfrøet.
Table 33. Regression equations for the depth of the seed.

$$S = 4,4 + 0,59 f + 0,07 b - 0,15 a_1 - 0,43 o \quad R^2 = 0,50$$

S = Sådybde, mm
Sowing depth; mm

a_1 = Aggregatfraksjonen < 5,6 mm; %
Aggregate fraction < 5,6 mm; %

f = Forspenning av labbene; N
Pre-tensioning of the coulters; N

o = Overflatejammhet, st.avvik i mm
Roughness of the surface,
st. dev. in mm

b = Bearbeidingsdybde; mm
Tillage depth; mm

Det er rimelig at sådybden øker med forspenningskraften på labbene og bearbeidingsdybden og at den avtar med avvikene på overflaten. At økt findeling gir redusert sådybde er imidlertid overraskende. ESTLER & SCHØNHAMMER (1982) fant at sådybden økte med økende findeling. Dette virker også mest naturlig. Det kan ikke gis noen spesiell forklaring på vårt resultat. Resultatet må derfor tas med forbehold inntil det foreligger flere undersøkelser på området.

TROMLING

Tidligere undersøkelser

Virkningen av tromling er undersøkt av NJØS (1962), RASMUSSEN (1977) og POLGAR (1984). De oppnådde alle meravling for tromling etter såing. Tromling før såing gav ikke noe meravling (NJØS). Ved tromling etter såing ble det størst avlingsutbytte når tromlingen ble utført straks etter såing. Videre ble det størst meravling på ubekvem jord med ujamn overflate og mye klump. I svenske undersøkelser var tromlingen mest fordelaktig på jord med mindre enn 15 % leire (POLGAR 1984). Disse positive utslag for tromlingen må skyldes at det fysisk sett skapes bedre betingelser kanskje både for spiring og plantevekst.

Hva disse bedrede betingelsene konkret består i er ikke tilstrekkelig klarlagt. Bedre kontakt mellom jord og frø kan være noe av forklaringen. Videre forklarer økt findeling noe av dette avlingsutslaget. Både RASMUSSEN og POLGAR fant at tromlingen findelte jorda ytterligere. RASMUSSEN fant at denne findelingsvirkningen var avhengig av jordas vanninnhold. På tyngre jord ble det oppnådd størst findelingsvirkning på relativt fuktig jord, mens det på sandblandet leirjord var størst virkning jo tørrere jorda var. Dette samsvarer med den findelingsvirkning fuktigheten har på disse jordartene. Sandjord findeles lettest når den er tørr, mens leirjord findeles lettest når den er noe fuktig. Tidspunktet for tromlingen spilte ingen rolle for findelingen. Findelingsvirkningen var den samme enten det ble tromlet straks etter såing eller først ved spiretidspunktet.

Forsøksopplegg og feltforhold

Formålet med forsøkene var å undersøke tromlingens virkning på findelingen og overflatejamnheten. Undersøkelsene omfattet i alt 8 forsøk. I 6 av forsøkene ble sumvirkningene av såing og tromling registrert, og i 2 av forsøkene registrerte en virkningen av både tromling alene og sumvirkningen av såing og tromling. Såing ble gjort med Tumes kombisåmaskin med vinglabber. På de 6 førstnevnte forsøk ble tromlingen gjort samme dag som såingen, og på de to sistnevnte forsøk ble tromlingen gjort samme dag og dessuten to og fem dager etter såing. Forsøkene ble utført på ulike felt, og variasjonen i feltforholdene før såing/tromling framgår av tabell 34.

Tabell 34. Feltforholdene i såing/tromlingundersøkelsene.
 Table 34. Soil properties in the sowing/rolling experiments.

Leir- innhold Clay content	Aggr. fraksjoner Aggr. fractions		Fuktighet Moisture	Skjør- fasthet Shear strength	Overfl. jåmnhet st.avv. Surface roughn. st. dev. mm
	<5,6 mm	0,5-5,6 mm			
%	%	%	%		
22-45	30-90	20-70	10-30	9,8 ⁻⁰⁴ -2,0 ⁻⁰³	5-20

Resultater og diskusjon

Findelingen

Det er tidligere påvist at såing med kombisåmaskiner fører til litt grovere findeling. Våre forsøk viste at såings- og tromlingsoperasjonen til sammen forbedret findelingen i forhold til utgangssituasjonen ($P < 0,01$). Tromling alene gav som ventelig var litt bedre findelingsvirkning enn summen av operasjonene såing og tromling. Tromling straks etter såing eller utsatt to til fem dager etter såing hadde ingen betydning for findelingen. Findelingsvirkningen var ikke særlig stor. Andelen aggregater <5,6 mm og 0,5-5,6 mm økte med bare 3-5 %.

Regresjonsanalyser over findelingsvirkningen og de jordparametre som ble målt viste at findelingen i første rekke avhang av findelingen før tromlingen, overflateavviket og leirinnholdet. Disse jordparametrene forklarte nærmere 60 % av variasjonene i findelingen, se tabell 35.

Tabell 35. Regresjonslikninger for fordelingen (aggregatfraksjoner i %) etter tromling.

Table 35. Regression equations for the aggregate size distribution (aggregate fractions in %) after rolling.

	Likninger	Equations	R ²
	$A_1 = 35,2 + 0,55 a_1 + 0,66 o - 0,19 l$		0,57
	$A_1 - a_1 = 35,2 - 0,45 a_1 + 0,66 o - 0,19 l$		0,48
	$A_2 = 20,8 + 0,34 a_1 + 0,67 o + 0,18 l$		0,31
A_1	= Aggregatfraksjonen <5,6 mm etter tromling; % Aggregate fraction <5,6 mm after rolling; %		
a_1	= Aggregatfraksjonen <5,6 mm før tromling; % Aggregate fraction <5,6 mm before rolling; %		
A_2	= Aggregatfraksjonen 0,5-5,6 mm etter tromling; % Aggregate fraction 0,5-5,6 mm after rolling; %		
o	= Overflatejavnhet før tromling; st.avvik i mm Roughness of the surface rolling; st.dev. in mm		
l	= Leirinnholdet; % Clay content; %		

Sterk findeling etter tromling ble oppnådd når det før tromling var sterk findeling, når overflateavviket var stort og når det var lite leire i jorda. Sterkest økning i fordelingen gav tromlingen når fordelingen før tromling var dårlig.

Fordelen av ujevn overflate var relativt stor og har sannsynligvis sammenheng med større kontaktareal mellom trommel og jord. Leirinnholdet hadde noe motstridende virkning på aggregatfraksjonene. Virkningen på aggregatfraksjonen <5,6 mm var negativ, mens virkningen på fraksjonen 0,5-5,6 mm var positiv. Denne forskjell i leirinnholdets virkning innebærer at de to aggregatfraksjonene <5,6 mm og 0,5-5,6 mm ikke er positivt korrelerte. Når avtagende leirinnhold fører til større andel aggregater <5,6 mm, skjer det ikke samtidig en økning i andelen 0,5-5,6 mm, men en økning i andelen <0,5 mm. Når på den annen side økende leirinnhold gir større andel aggregater 0,5-5,6 mm, skyldes dette avtagende andel aggregater <0,5 mm.

OPPSPIRING

Oppspiringen var i gjennomsnitt 72 %. Mellom de ulike redskapsbehandlingene kunne det ikke påvises sikre forskjeller. På et felt med to forsøk ble bearbeiding/såing gjort til rett tid og utsatt ca. 10 døgn. I mellom disse tidspunktene kom det ca 10 mm nedbør, og deretter ikke noe før etter 16 døgn. Dette førte til at den utsatte såingen fikk dårligere fuktighetsforhold helt fra starten av. I denne jorda (40-45 % leire) fikk dette klare utslag på

spiringen helt fra starten av. Ved tidlig såing ble det god og jamn oppspiring, mens den sene såingen førte til svært flekkvis og ujamn oppspiring. De bare flekkene spirte først etter at regnet kom. Totalt for alle forsøkene viste regresjonsanalyser at oppspiringen tiltok med fuktigheten ved såing/tromling og andelen små aggregater (<5,6 mm) etter tromlingen, mens stor sådybde bidrog til dårligere oppspiring. Dette er helt i samsvar med resultatene til en rekke andre forskere.

SAMLET KONKLUSJON

Slodder har i gjennomsnitt gitt sterkest findeling. Innen grupper slodder ble jorda sterkest findelt av skråttstående skrapere under sloddeplanker med understrømsprofil. En bearbeiding med slodder med riktig dimensjonering og plassering av skraperne gav praktisk talt like sterk findeling som to bearbeidinger med harver. Bearbeidingsdybden ble imidlertid for liten der det var hardt. Sterk findeling, riktig bearbeidingsdybde og jamn overflate og bunn krevde at skraperne ikke var mer enn 150 mm lange, at høyden var ca. 90 mm, at den vinkelen de dannet med kjøreretningen ikke var større enn 25°, og at mellomrommet mellom skrapperdragene ikke var større enn 100 mm. Av hensyn til bearbeidingsdybden var det videre fordelaktig om sloddeenheten veide minst 150 kg/m arbeidsbredde. For å unngå fastkiling av stein burde mellomrommet mellom skraperne på samme planke være minst 240 mm. Sloddeplankene burde alltid være fremst i et redskap og virke mot den urørte jorda. Virket sloddeplankene mot løsnet jord, skjøv de opp store jordmasser foran planken og trekraftbehovet ble stort.

Oppfyllelsen av disse kravene krever to rekker med planker, og selv da vil mellomrommet mellom skrapperdragene bli ca. 100 mm. Dersom mellomrommet skal gjøres mindre, må enten skraperne være lengre eller skrapernes vinkel med kjøreretningen må gjøres større. Den andre sloddeplanken vil måtte virke mot løsnet jord og store jordmasser kan bli skjøvet opp foran denne planken. Av den grunn kan bæretstyr i bakkant av redskapet være fordelaktig.

I og med at harvene krevde to bearbeidinger for å gi samme findeling som sloddene, er de mindre interessante på tyngre jord. På lett jord uten nevneverdig findelingsbehov har de sin berettigelse. Harvenes tinder hadde selv på tung jord ikke noe problem med å opparbeide tilstrekkelig bearbeidingsdybde. En kombinasjon mellom en fullverdig sloddeenhet og tinder synes derfor interessant. Sloddeharvene er en slik kombinasjon. Det viste seg imidlertid at dersom tindene ble stilt dypere enn sloddedelen, ble findelingen markert dårligere. Det ideelle ville derfor vært om skraperne kunne utformes slik at de fikk bedre evne til å opparbeide jorda til den nødvendige bearbeidingsdybde.

Tromlingen er den siste operasjon som utføres på såbedet. Den findeler jorda ytterligere, og den findeler sterkest der findelingen fra før er dårligst. Findelingsutslaget var imidlertid lite. Den findeling som kreves må derfor jordarbeidingsredskapene sørge for.

Såfrøet bør i størst mulig grad legges på bearbeidingsbunnen, fordi det der er mest tilgjengelig vann. Sådybden ble imidlertid alltid grunnere enn bearbeidingsdybden og av forståelige grunner aldri større enn bearbeidingsdybden. Det som i første rekke bidrog til økt sådybde var forspenningen av labbene. Jo større den forspente kraften på labbene var, desto større ble sådybden. En hadde ventet at ujamn bunn ville føre til at sålabbene hoppet opp og ned på bearbeidingsbunnen, med den følge at frøene ville bli sterkere fordelt oppover i bearbeidingssjiktet. I gjennomsnitt ville dette gitt grunnere sådybde. Imidlertid kunne det i disse undersøkelsene ikke påvises noen sammenheng mellom sådybden og jamnheten på bearbeidingsbunnen. Det kan likevel ikke uten videre slutes at jamnheten på bunnen er uten betydning for sådybden. For å oppnå virkning av denne jamnheten kan det enten være at bunnen må være betydelig ujamnere eller jamnere enn tilfelle var i disse undersøkelsene. Jamn bunn er uansett sikkert fordelaktig for såoperasjonen. I disse undersøkelsene ble det til dels oppnådd meget jamn bunn. Enda jamnere bunn kan neppe oppnås med det bearbeidingsverktøy som i dag brukes.

LITTERATUR

- BHUSHAN, L.S., VARADE, S.B og C.P. GUPTA, 1973: Influence of tillage practices on clod size, porosity and water retention. *Ind. J. Agric. Sci.*, 43, (5), s. 466-471
- DRANSFIELD, P., WILLAT, S.T. og A.H. WILLIS, 1964: Soil-to-implement reaction experienced with simple tines at various angles of attack. *J. Agric. Eng. Res.*, 9, (3), s. 220-224
- ESTLER, M. og J. SCHONHAMMER, 1982: Working effect of soil preparing equipment with pto-driven tools and its influence on plant emergence. *Proc. 9th Conf. of ISTRO, Ozijek*, s. 609-614
- GILL, W.R. og W.F. McCREERY, 1960: Relation of size of cut to tillage tool efficiency. *Agric. Eng.*, 41, (6), s. 372-374
- GODWIN, R.J. og G. SPOOR, 1977: Soil failure with narrow tines. *J. Agric. Eng. Res.*, 22 (3), s. 213-228
- HADAS, A. og E. STIBBE, 1977: Soil Crusting and Emergence of Wheat Seedlings. *Agron, J.* 69, s. 547-550
- HEINONEN, R., 1965: Skorpbildning och skorpbrytning i vårsäd. *Lantbrukshögskolans meddelanden, serie A, nr. 25, Sveriges Lantbruksuniversitet*, 17 s.
- HEINONEN, R., 1985: Soil management and crop water supply. 4th edition. *Dept. of Soil Science, Sveriges Lantbruksuniversitet*, 105 s.
- HENRIKSSON, L., 1979: Implements for seedbed preparation, an approach in performance studies. *Proc. 8th Conf. of ISTRO, Univ. of Hohenheim*, I. s. 137-142
- HENRIKSSON, L., 1974: Studier av några jordbearbetningsredskaps arbetssätt och arbetsresultat, 144 s.
- HILLEL, D. og A. HADAS, 1972: Isothermal of structurally layered soil columns. *Soil Sci.* 113, s. 30-35
- HOLMES, J.W., GREACEN, E.L. og C.G. GUERR, 1960: The Evaporation of water from bare soils with different tilths. *7th Int. Congr. Soil Sci., Trans. 1*, s. 188-194
- HUHTAPALO, Å., 1978: Kombisädd av kväve och fosfor til vårsäd. *Rapporter från Jordbearbetningsavdelningen nr. 56, Sveriges Lantbruksuniversitet*, 27 s.
- HUHTAPALO, Å., 1985: Teknik för spannmålsädd., Bandsädd (vinglabb) contra radsädd (släplabb). *NJF-utredning/rapport nr. 18*, s. 85-91

- HÅKANSON, I. og J. von POLGAR, 1976: Modellförsök med såbäddens funksjon. I: Såbädden som skydd mot avdunstning. Rapporter från Jordbearbetningsavdelningen, nr. 46, Sveriges Lantbruksuniversitet, 52 s.
- HÅKANSON, I., og J. von POLGAR, 1977: Modellförsök med såbäddens funktion. II: Försök med skiktade och oskiktade såbädder. Rapporter från Jordbearbetningsavdelningen nr. 53, Sveriges Lantbruksuniversitet, 22 s.
- JOHNSON, W.H. og G.S. TAYLOR, 1960: Tillage treatment for corn on clay soils. Trans. ASAE, 3, (2), s. 4-8
- JOHNSON, W.H. og W.F. BUCHELE, 1961: Influence of soil-granule size and compaction on rate of soil-drying and emergence of corn. Trans. ASAE, 4, (2), s. 170-174
- KAHNT, G., BAUSCH R. og K. KOLLER, 1976: Auswirkungen einiger den Arbeitseffekt von Bestellwerkzeugen kennzeichnenden Grössen auf den Pflanzenaufgang von Getreide. Grundl. Landtechnik, 26, (4), s. 140-144
- KAWAMURA, N., 1952: Soil dynamics in tillage and traction. Agric. Handbook 316, U.S. Dept. of Agriculture, s. 134-149
- KETCHESON, J.W., VYN, T.J. og T.B. DAYNARD, 1979: Effect of tillage on aggregation and strength in Ontario soils. Proc. 8th Conf. of ISTRO, Univ. of Hohenheim, I. s. 68-73
- KOENIGS, F.F.R., 1961: The mechanical stability of clay soils as influenced by the moisture conditions and some other factors. Proefschrift ter verkrijging van de graad van doctor in de Landbouwkunde, Wageningen, Nederland, 171 s.
- KOUWENHOVEN, J.K. og R. TERPSTRA, 1979: Sorting action of tines and tine-like tools. J. Agric. Eng. Res., 24, (1), s. 95-113
- KRAUSE, R., 1975: Phenomena subsoiling in dry sand. J. Terramech., 12 (3/4), s. 119-130
- KRITZ, G., 1983: Såbäddar för vårstråsäd. Rapporter från Jordbearbetningsavdelningen, nr. 65, Sveriges Lantbruksuniversitet, 187 s.
- LINDGREN, P.Å., 1970: Krafter på harvpinnar. Examensarbete Inst. för Arbetsm. och Tech., Sveriges Lantbruksuniversitet, 27 s.
- MCKYES, E. og O.S. ALI, 1977: The cutting of soil by narrow blades. J. Terramech., 14 (2), s. 43-57
- MOLLER, R., 1959: Zugkraftbedarf und Arbeitserfolg starrer und federnde Grubberzinken. Grundl. Landtec. 11, s. 85-94

- NJØS, A., 1962: Norske forsøk med tromling og hjultrykk. Grundförbättring nr. 4, s. 248-257
- NJØS, A., 1979: Aggregate size distribution in the seed bed. Effects on soil temperature, matric suction, and emergence of barley. - A review on some research on clayey soils in South Eastern Norway. Proc. 8th Conf. of ISTRO, Univ. of Hohenheim, I, s. 121-129
- O'CALLAGHAN J.R. og K.M. FARRELLY, 1964: Cleavage of soil by tined implements. J. Agric. Eng. Res., 9, (3), s. 259-270
- OLSSON, U., 1975: Redskap för såbädsberedning, - arbetssätt och arbetsresultat. Rapporter från Jordbearbetningsavdelningen, nr. 40, Sveriges Landbruksuniversitet, 54 s.
- PAYNE, P.C.J. og D.W. TANNER, 1959: Rake angle and performance of implements. J. Agric. Eng. Res., (4), 4, s. 312-325
- POLGAR, J. von, 1984: Vältning efter vårsädd. Rapporter från Jordbearbetningsavdelningen, Sveriges Landbruksuniversitet, nr. 69, 16 s.
- RASMUSSEN, K.J., 1977: Tromling af lerjorde. Statens Planteavlfsforsøg, 1353, beretning, s. 248-256
- REICH, R., 1977: Bodenwiderstand und Arbeitseffekt eines Grubberwerkzeugs. Grundl. Landtec., 27 (4), s. 128-132
- REICH, R., 1978: Messung der Kräfte zwischen Schlepper und Geräte. Grundl. Landtec, 28, (4), s. 156-159
- SIEMENS, J.C., WEBER J.A. og T.H. THORNBURN, 1965: Mechanics of soil as influenced by model tillage tools. Trans. ASAE, 8, (1), s. 1-7
- SOMMER, C. og M. ZACH, 1971: Aufgaben und Funktion der Wälzgege in einer Saatbettkombination. Landtechnische Forchung, 19, (3/4), s. 81-88
- SPOOR, G. og R.J. GODWIN, 1979: Effect of tine position on the performance of multi-tined implements. Proc. 8th Conf. of ISTRO, Univ. of Hohenheim II, s. 353-358
- STAFFORD, J.V., 1981: An application of critical state soil mechanics. The performance of rigid tines. J. Agric. Eng. Res., 26, (5), s. 387-401
- STEINKAMPF, H. og M. ZACH, 1974: Leistungsbedarf und Krümelungseffekt von gezogenen und zapfwellengetriebenen Geräten zur Saatbettbereitung. Lantbauforschung Völkenrode, 24, (1), s. 55-62
- SOHNE, W., 1956: Grundlagen für eine Landtechnische Bodenmechanik. Grundl. Landtech, (7), s. 11-27

- THEISSIG, K., 1975: Arbeitseffekte von Geräten zur Sekundärbodenbearbeitung. Forschungsb. Agrartech. des Arbeitkr. Forsch. und Lehre der Meg., Bonn, 230 s.
- VORNSKAHL, W., 1967: Dynamik gezogener Bodenwerkzeuge im Modellversuch. Fortschr. Ber. VDI-Z 14, (7), 117 s.
- WILLAT, S.T. og A.H. WILLIS, 1965: A study of the trough formed by passage of tines through soil. J. Agric. Eng. Res., 10, (1), s. 1-4
- WILTON, B., 1963: The use of high-velocity tines in breaking clods. J. Agric. Eng. Res., 8, (2), s. 107-114
- WINKELBLECH, C.S. og W.H. JOHNSON, 1961: Soil aggregate Separation Characteristics of secondary tillage tool components. Winter meeting ASAE, Paper no. 61-651, 16 s.

